

312.360.0080

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 9月21日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-286327

出 願 人
Applicant (s):

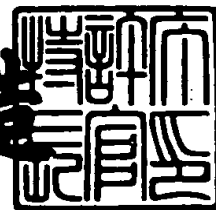
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月15日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0040612

【提出日】 平成12年 9月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/39

【発明の名称】 磁気抵抗センサ及び磁気抵抗ヘッド

【請求項の数】 10

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 瀬山 喜彦

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 田中 厚志

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 長坂 恵一

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 清水 豊

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 江口 伸

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通

株式会社内

【氏名】 金井 均

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
株式会社内

【氏名】 近藤 玲子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
株式会社内

【氏名】 岸 均

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075384

【弁理士】

【氏名又は名称】 松本 昂

【電話番号】 03-3582-7477

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001764

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704374

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗センサ及び磁気抵抗ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の導体層と第 2 の導体層の間に、磁気抵抗効果膜が配置された磁気抵抗センサであって、

前記磁気抵抗効果膜は、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率或いは抵抗変化量が得られる層厚よりも厚い層厚を有していることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項 2】 前記磁気抵抗効果膜は、フリー強磁性層及びピンド強磁性層を有するスピバルブ膜であり、フリー強磁性層又はピンド強磁性層は、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率又は抵抗変化量が得られることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 3】 前記フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方の層厚が、その層の磁化方向に対してスピン依存散乱されないスピン方向の伝導電子の平均自由行程の 0.5 ～ 2.0 倍の範囲内である請求項 2 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 4】 前記磁気抵抗効果膜は積層フェリ構造のピンド強磁性層を有している請求項 1 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 5】 第 1 の導体層と第 2 の導体層との間に、デュアルスピバルブ膜が成膜されてなることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項 6】 記録媒体に記録された情報を再生する磁気抵抗ヘッドであって、

第 1 電極端子と、

記録媒体から漏洩する信号磁界の変化を抵抗変化に変換する、前記ヘッドの媒体対向面から後退して且つ前記第 1 電極端子上に設けられたスピバルブ磁気抵抗素子と、

一端が前記ヘッドの媒体対向面に露出し、他端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の一端と重なって配置された、記録媒体からの磁束を前記スピバルブ磁気抵抗センサに案内する第 1 フラックスガイドと、

一端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の他端と重なって配置された第 2 フラックスガイドと、

前記スピバルブ磁気抵抗素子上に設けられた第 2 電極端子と、
を具備したことを特徴とする磁気抵抗ヘッド。

【請求項 7】 前記第 1 及び第 2 電極端子のうち少なくとも一方が前記スピバルブ磁気抵抗素子の膜面の一部に接触しており、該膜面内において前記一方の電極端子の方が前記スピバルブ磁気抵抗素子よりも小さい請求項 6 記載の磁気抵抗ヘッド。

【請求項 8】 記録媒体に記録された情報を再生する磁気抵抗ヘッドであって、

第 1 磁気シールドと、

該第 1 磁気シールド上に設けられた絶縁層と、

記録媒体から漏洩する信号磁界の変化を抵抗変化に変換する、前記ヘッドの媒体対向面から後退して且つ前記絶縁層上に設けられたスピバルブ磁気抵抗素子と、

一端が前記ヘッドの媒体対向面に露出し、他端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の一端と重なって配置された、記録媒体からの磁束を前記スピバルブ磁気抵抗素子に案内する第 1 フラックスガイドと、

一端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の他端と接触して配置された第 2 フラックスガイドと、

前記スピバルブ磁気抵抗素子上に設けられた電極端子と、

該電極端子の上に配置された第 2 磁気シールドと、

前記第 2 フラックスガイドと前記第 1 磁気シールドとを接続するフラックスパスと、

を具備したことを特徴とする磁気抵抗ヘッド。

【請求項 9】 磁気抵抗センサであって、

第 1 反強磁性層と、

該第 1 反強磁性層上に配置されたピンド強磁性層と、

該ピンド強磁性層上に配置された非磁性中間層と、

該非磁性中間層上に配置されたフリー強磁性層と、

該フリー強磁性層上に配置された、交換結合力により該フリー強磁性層の磁区制御を行う第 2 反強磁性層とを具備し、

前記フリー強磁性層の磁界感知部と接する前記第 2 反強磁性層の部分が、該第 2 反強磁性層の構成元素とフッ素及び塩素からなる群から選択された反応性元素との化合物から構成されることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項 1 0】 磁気抵抗センサの製造方法であって、

第 1 反強磁性層を形成し、

該第 1 反強磁性層上にピンド強磁性層を形成し、

該ピンド強磁性層上に非磁性中間層を形成し、

該非磁性中間層上にフリー強磁性層を形成し、

該フリー強磁性層上に、交換結合力により該フリー強磁性層の磁区制御を行う第 2 反強磁性層を形成し、

前記フリー強磁性層の磁界感知部と接する前記第 2 反強磁性層の部分に、フッ素及び塩素からなる群から選択される反応性元素ガスを照射することにより、前記部分に前記第 2 反強磁性層の構成元素と前記反応性元素との化合物を形成する

各ステップから構成されることを特徴とする磁気抵抗センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、スピバルブ磁気抵抗センサ又はトランスデューサ及び該センサを用いたスピバルブ磁気抵抗ヘッドに関する。

【0 0 0 2】

近年、磁気ディスク装置の小型化・高密度化に伴い、ヘッドスライダーの浮上量が減少し、極低浮上或いはスライダが記録媒体に接触する接触記録／再生の実現が望まれている。

【0 0 0 3】

また、従来の磁気誘導ヘッドは、磁気ディスクの小径化により周速（ヘッドと

媒体との間の相対速度)が減少すると、再生出力が劣化する。そこで最近は、再生出力が周速に依存せず、低周速でも大出力の得られる磁気抵抗ヘッド(MRヘッド)が盛んに開発され、磁気ヘッドの主流となっている。更に現在は、巨大磁気抵抗(GMR)効果を利用した磁気ヘッドも市販されている。

【0004】

磁気ディスク装置の高記録密度化により、1ビットの記録面積が減少するとともに、発生する磁場は小さくなる。現在市販されている磁気ディスク装置の記録密度は 10 Gbit/in^2 前後であるが、記録密度の上昇は年率約2倍で大きくなっている。このため、更に微小な磁場範囲に対応するとともに、小さい外部磁場の変化を感知できる磁気抵抗センサ及び磁気抵抗ヘッドが要望されている。

【0005】

【従来の技術】

現在、磁気ヘッドにはスピバルブGMR効果を利用したスピバルブ磁気抵抗センサが広く用いられている。スピバルブ構造の磁気抵抗センサでは、フリー強磁性層(フリー層)の磁化方向が記録媒体からの信号磁界により変化し、ピンド強磁性層(ピンド層)の磁化方向との相対角が変化することにより、磁気抵抗センサの抵抗が変化する。

【0006】

この磁気抵抗センサを磁気ヘッドに用いる場合には、ピンド層の磁化方向を磁気抵抗素子の素子高さ方向に固定し、外部磁界が印加されていない状態におけるフリー層の磁化方向を、ピンド層と直交する素子幅方向に一般的に設計する。

【0007】

これにより、磁気抵抗センサの抵抗を、磁気記録媒体からの信号磁界方向がピンド層の磁化方向と平行か反平行かにより、直線的に増減させることができる。このような直線的な抵抗変化は、磁気ディスク装置の信号処理を容易にする。

【0008】

従来の磁気抵抗センサでは、センス電流を膜面に平行に流し、外部磁界による抵抗変化を読み取っている。この、GMR膜面に平行に電流を流す(Current in the plane、CIP)構造の場合、一对の電極端子で画成されたセンス領域が小

さくなると、出力が低下する。また、C I P構造のスピンバルブ磁気抵抗センサの場合、GMR膜と上下磁気シールドとの間に絶縁膜が必要となる。

【 0 0 0 9 】

即ち、磁気シールド間距離 = GMR膜厚さ + 絶縁膜厚さ \times 2 となる。絶縁膜厚さは、現在 2 0 n m 程度が下限であるので、磁気シールド間距離 = GMR膜厚差 + 約 4 0 n m となる。

【 0 0 1 0 】

記録媒体上の記録ビットの長さが短くなると対応が困難となり、磁気シールド間距離を 4 0 n m 以下にしたいという要望には現在のところC I Pスピンバルブ磁気抵抗センサでは対応不可能である。

【 0 0 1 1 】

これらのことから、スピンバルブGMR効果を利用したC I P構造の磁気ヘッドは、2 0 ~ 4 0 G b i t / i n ² の記録密度まで対応可能と考えられている。また、最新技術のスペキュラー散乱を応用したとしても、6 0 G b i t / i n ² の記録密度が上限と考えられている。

【 0 0 1 2 】

上述したように、磁気ディスク装置の記録密度の向上は急激であり、2 0 0 2 年には 8 0 G b i t / i n ² の記録密度が求められている。記録密度が 8 0 G b i t / i n ² 以上では、最新のスペキュラー散乱を応用したC I PスピンバルブGMR磁気ヘッドでも、出力及び磁気シールド間距離の点で対応が非常に困難である。

【 0 0 1 3 】

このような問題に対し、ポストスピンバルブGMRとして、トンネルMR (TMR) や多層膜C P P (Current perpendicular to the Plane) 構造等が提案されている。

【 0 0 1 4 】

TMRは、二つの強磁性層間に薄い絶縁層を挟んだ構造で、二つの強磁性層の磁化方向により絶縁層を通過するトンネル電流量が変化するものである。TMRは非常に大きな抵抗変化を示すとともに感度も良いので、ポストスピンバルブG

MRとして有望視されている。

【0015】

多層膜CPP構造は、GMR膜面に垂直に（少なくとも垂直成分を含む方向に）電流を流した場合、GMR膜の抵抗変化が室温で約2倍となる効果を応用し、出力の向上を図ったものである。また、CPP構造の場合、GMR膜のセンス電流が通過する部分の断面積が小さくなると、出力が大きくなるという特徴を有する。

【0016】

これは、CIP構造のGMRに対する大きなアドバンテージである。尚、TMRも一方の強磁性層から絶縁層を横切って他方の強磁性層へと電流が通過することから、CPP構造の一種と考えることができ、前述したアドバンテージも同様である。このように有望なTMRや多層膜CPP構造であるが、未だ実用化には至っておらず、ともに幾つかの問題点を抱えている。

【0017】

多層膜CPP構造における問題点として以下の問題点が挙げられる。

【0018】

(1) 素子（デバイス）作成プロセスが複雑で精度を要求される。

【0019】

多層膜CPP構造のデバイスの作成には、成膜、レジスト形成、イオンミリング又は反応性イオンエッチング（RIE）、レジスト剥離といったプロセスを少なくとも3回以上繰り返す必要があり、レジスト形成の際に非常に高い位置合わせ精度が要求される。イオンミリング又は反応性イオンエッチングの際には、基板面まで加工又はエッチングせず、金属層途中で止める技術も要求される。

【0020】

(2) CPP部分のサイズが1 μm 前後若しくはサブミクロンサイズにならないと特性評価が難しい。

【0021】

CPP部分のサイズが約3 μm 以上になると、電流分布の影響によりセンス電流に対する電圧がマイナスの値として測定される。この影響でCPP部分のサイ

ズが約 3 μ m 前後において、MR 比が非常に大きな値となる。このため、従来の評価基準を適用できない。

【 0 0 2 2 】

(3) デバイス化のプロセスの良否に特性が左右され易い。

【 0 0 2 3 】

これは、従来の C I P 構造の GMR についてもいえることではあるが、C P P 構造の場合この傾向が顕著である。GMR 膜や絶縁膜の加工時の断面形状やバリの発生状況により、GMR 特性が大幅に変化するため、不良品が発生した場合の原因の特定が困難となる。

【 0 0 2 4 】

(4) ヒステリシスの存在、磁区制御が困難、外部磁界を感知する部分の厚さが厚い。

【 0 0 2 5 】

多層膜 C P P 構造では、各磁性層が磁氣的に結合しているためヒステリシスが存在する。また、磁性層数が多いため、各磁性層の磁区制御が困難である。更に、基本的に全ての磁性層が外部磁界を感知して磁化方向が変化するため、外部磁界を感知する部分の厚さが厚い等の問題点がある。

【 0 0 2 6 】

上記問題点のうち、(1) ～ (3) は、素子構造の改良及び加工精度の向上等により、解決が可能である。しかし、(4) の問題点については、多層膜 GMR の根本的な問題点であり、現在のところ具体的な解決手段はない。

【 0 0 2 7 】

高記録密度化に伴い GMR 素子の微細化が進み、これまでのように GMR 素子の高さを直接研磨加工によって作成するプロセスでは、その加工精度から歩留まり良く生産することが難しくなると予想される。

【 0 0 2 8 】

そこで、GMR 素子高さを直接研磨加工する必要のない、フラックスガイド型 GMR ヘッドも知られている。フラックスガイド型 GMR ヘッドを従来のような C I P 構造で用いると、フラックスガイドへの電流の分流を防ぐためにフラック

スガイドとGMR素子との間は絶縁されていなければならない。

【 0 0 2 9 】

よって、フラックスガイドとGMR素子との間を十分離さなければならず、媒体磁界をフラックスガイドから十分にGMR素子へ渡すことができないために再生出力が低下してしまう。

【 0 0 3 0 】

また、従来のCPP構造のようにGMR素子部を小さく加工すると、端面の反磁界により磁化が動かない領域が大きくなり、再生感度が落ちてしまう。

【 0 0 3 1 】

GMRヘッドは、GMR膜が単磁区とならない場合バルクハウゼンノイズが発生し、再生出力が大きく変動する問題がある。このため、GMR膜の磁区を制御するため、磁区制御膜が設けられている。

【 0 0 3 2 】

磁区制御膜としては高保磁力膜の硬質磁性膜を設置し、この硬質磁性膜が発生するバイアス磁界によりフリー層の磁化方向を素子幅方向に制御している。

【 0 0 3 3 】

この硬質磁性膜より発生する磁界の強度及び分布は形成された硬質磁性膜形状に強く依存するが、通常リフトオフ等のプロセスにより形成される硬質磁性膜形状はプロセス精度の影響を受け、安定したバイアス磁界を得ることが困難である。

【 0 0 3 4 】

素子上部に硬質磁性膜が回りこんだ形状となった場合には、所望の磁化制御方向に対し部分的にバイアス磁界が反対方向に印加され、バルクハウゼンノイズ等の発生を誘引し、素子特性が劣化することが考えられる。

【 0 0 3 5 】

これに対し、フリー層の両端部にバイアス磁界印加層としての反強磁性層を積層し、フリー層と反強磁性層の間の交換結合を利用してフリー層の磁化方向を制御する交換結合型磁区制御方法がある。

【 0 0 3 6 】

この方法は、磁性層間の交換結合を利用するため硬質磁性膜磁界による制御方法よりも安定したバイアス効果が得られる。この交換結合型磁区制御素子を形成する場合、フリー層とバイアス磁界印加層としての反強磁性層を連続して形成することにより十分なバイアス磁界が得られる。

【 0 0 3 7 】

しかし、素子感度を向上させるためにはフリー層の磁界感知部のバイアス磁界を消滅させる必要がある。従来、FeMnのような耐久性に乏しい反強磁性層に対しては、酸素と反応させることで反強磁性層の構成元素との酸化物を形成し、磁界感知部のバイアス磁界を消滅させていた。

【 0 0 3 8 】

しかしながら、現状では磁気ヘッドの信頼性の点からFeMnよりも耐久性に優れたNiMn, PtMn, PdPtMn, IrMn等の反強磁性層が用いられるようになり、そのため酸化に対する耐性が向上し、バイアス磁界を消失させるプロセスが困難になるといった問題が生じている。

【 0 0 3 9 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、従来の多層膜C P P構造の問題点を解決し、高感度で大きな抵抗変化量を得ることの可能なC P P構造のスピバルブ磁気抵抗センサを提供することである。

【 0 0 4 0 】

本発明の他の目的は、歩留まり良く量産が可能なフラックスガイドを有するC P P構造のスピバルブ磁気抵抗ヘッドを提供することである。

【 0 0 4 1 】

本発明の更に他の目的は、フリー強磁性層の磁区制御を反強磁性層との交換結合により安定して行うことができ、且つ感度及び信頼性の高いスピバルブ磁気抵抗センサを提供することである。

【 0 0 4 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明によると、磁気抵抗センサであって、第1の導体層と、

該第 1 の導体層上に配置されたフリー強磁性層と、該フリー強磁性層上に配置された非磁性中間層と、該非磁性中間層上に配置されたピンド強磁性層と、該ピンド強磁性層上に配置された反強磁性層と、該反強磁性層上に配置された第 2 の導体層とを具備し、前記フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方が、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率或いは抵抗変化量が得られる層厚よりも厚い層厚を有していることを特徴とする磁気抵抗センサが提供される。

【 0 0 4 3 】

フリー強磁性層、非磁性中間層、ピンド強磁性層及び反強磁性層からなるスピバルブ膜は、基本的に磁界を感知し磁化方向が変化する層はフリー強磁性層のみである。

【 0 0 4 4 】

よって、C P P 且つスピバルブ構造とすることにより、従来の多層膜 G M R における各磁性層の磁区制御が困難、外部磁界を感知する部分の厚さが厚いといった問題点は本発明により解消される。

【 0 0 4 5 】

また、各磁性層間には基本的に磁気的な結合はないので、ヒステリシスも小さい。よって、上述した多層膜 C P P 構造の問題点（4）は解決される。

【 0 0 4 6 】

好ましくは、フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方の層厚が、その層の磁化方向に対してスピン依存散乱されないスピン方向の伝動電子の平均自由行程の 0. 5 ～ 2. 0 倍の範囲内である。

【 0 0 4 7 】

換言すると、フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方の層厚が 3 n m ～ 1 2 n m の範囲内であるのが好ましい。

【 0 0 4 8 】

好ましくは、ピンド強磁性層及び／又はフリー強磁性層は積層フェリ構造である。非磁性中間層は C u から形成され、その層厚が 4 n m ～ 6 n m の範囲内であるのが好ましい。

【 0 0 4 9 】

本発明の他の側面によると、磁気抵抗センサであって、第1の導体層と、該第1の導体層上に配置された第1反強磁性層と、該第1反強磁性層上に配置された第1ピンド強磁性層と、該第1ピンド強磁性層上に配置された第1非磁性中間層と、該第1非磁性中間層上に配置されたフリー強磁性層と、該フリー強磁性層上に配置された第2非磁性中間層と、該第2非磁性中間層上に配置された第2ピンド強磁性層と、該第2ピンド強磁性層上に配置された第2反強磁性層と、該第2反強磁性層上に配置された第2の導体層と、を具備したことを特徴とする磁気抵抗センサが提供される。

【 0 0 5 0 】

好ましくは、第1、第2ピンド強磁性層及びフリー強磁性層のうち少なくとも一つの層厚が3 nm～12 nmの範囲内である。更に、第1、第2ピンド強磁性層及びフリー強磁性層のうち少なくとも一つが積層フェリ構造であるのが好ましい。

【 0 0 5 1 】

本発明の更に他の側面によると、記録媒体に記録された情報を再生する磁気抵抗ヘッドであって、第1電極端子と、記録媒体から漏洩する信号磁界の変化を抵抗変化に変換する、前記ヘッドの媒体対向面から後退して且つ前記第1電極端子上に設けられたスピバルブ磁気抵抗素子と、一端が前記ヘッドの媒体対向面に露出し、他端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の一端と重なって配置された、記録媒体からの磁束を前記スピバルブ磁気抵抗素子に案内する第1フラックスガイドと、一端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の他端と重なって配置された第2フラックスガイドと、前記スピバルブ磁気抵抗素子上に設けられた第2電極端子と、を具備したことを特徴とする磁気抵抗ヘッドが提供される。

【 0 0 5 2 】

好ましくは、第1及び第2フラックスガイドの少なくとも一方がスピバルブ磁気抵抗素子に接触している。更に好ましくは、第1及び第2電極端子のうち少なくとも一方がスピバルブ磁気抵抗素子の膜面の一部に接触しており、該膜面内において前記一方の電極端子の方がスピバルブ磁気抵抗素子よりも小さい。

【 0 0 5 3 】

本発明の更に他の側面によると、記録媒体に記録された情報を再生する磁気抵抗ヘッドであって、第1磁気シールドと、該第1磁気シールド上に設けられた絶縁層と、記録媒体から漏洩する信号磁界の変化を抵抗変化に変換する、前記ヘッドの媒体対向面から後退して且つ前記絶縁層上に設けられたスピバルブ磁気抵抗素子と、一端が前記ヘッドの媒体対向面に露出し、他端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の一端と重なって配置された、記録媒体からの磁束を前記スピバルブ磁気抵抗素子に案内する第1フラックスガイドと、一端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の他端と接触して配置された第2フラックスガイドと、前記スピバルブ磁気抵抗素子上に設けられた電極端子と、該電極端子の上に配置された第2磁気シールドと、前記第2フラックスガイドと前記第1磁気シールドとを接続するフラックスパスと、を具備したことを特徴とする磁気抵抗ヘッドが提供される。

【 0 0 5 4 】

この構成の磁気抵抗ヘッドによると、第1磁気シールドがフラックスパス及び第2フラックスガイドを介してスピバルブ磁気抵抗素子に電氣的に接続されているため、第1磁気シールドが電極端子の一つとして作用する。

【 0 0 5 5 】

本発明の更に他の側面によると、磁気抵抗センサであって、第1反強磁性層と、該第1反強磁性層上に配置されたピンド強磁性層と、該ピンド強磁性層上に配置された非磁性中間層と、該非磁性中間層上に配置されたフリー強磁性層と、該フリー強磁性層上に配置された、交換結合力により該フリー強磁性層の磁区制御を行う第2反強磁性層とを具備し、前記フリー強磁性層の磁界感知部と接する前記第2反強磁性層の部分が、該第2反強磁性層の構成元素とフッ素及び塩素からなる群から選択された反応性元素との化合物から構成されることを特徴とする磁気抵抗センサが提供される。

【 0 0 5 6 】

好ましくは、第2反強磁性層はNiMn, PtMn, PdPtMn, IrMnからなる群から選択される合金から構成される。

【 0 0 5 7 】

本発明の更に他の側面によると、磁気抵抗センサの製造方法であって、第 1 反強磁性層を形成し、該第 1 反強磁性層上にピンド強磁性層を形成し、該ピンド強磁性層上に非磁性中間層を形成し、該非磁性中間層上にフリー強磁性層を形成し、該フリー強磁性層上に、交換結合力により該フリー強磁性層の磁区制御を行う第 2 反強磁性層を形成し、前記フリー強磁性層の磁界感知部と接する前記第 2 反強磁性層の部分に、フッ素及び塩素からなる群から選択される反応性元素ガスを照射することにより、前記部分に前記第 2 反強磁性層の構成元素と前記反応性元素との化合物を形成する、各ステップから構成されることを特徴とする磁気抵抗センサの製造方法が提供される。

【 0 0 5 8 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の数多くの実施形態について詳細に説明する。各実施形態の説明において、実質的に同一構成部分については同一符号を付し、重複を避けるためその説明を省略する。

【 0 0 5 9 】

図 1 を参照すると、本発明第 1 実施形態による CPP（カラント・パーペンディキュラ・ツー・ザ・プレーン）構造のスピバルブ磁気抵抗センサの断面図が示されている。

【 0 0 6 0 】

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 基板 2 上には 400 nm の Cu 及び 100 nm の Au から形成された下端子 4 が形成されている。下端子 4 上にはスピバルブ巨大磁気抵抗膜（GMR 膜）6 が形成されている。

【 0 0 6 1 】

GMR 膜 6 上には 10 nm の Cu と 10 nm の Au からなるキャップ層 8 が形成され、更にキャップ層 8 上には 300 nm の Cu からなる上端子 10 が形成されている。符号 12 は 150 nm の SiO_2 からなる絶縁層である。

【 0 0 6 2 】

本発明の磁気抵抗センサは、GMR 膜 6 をスピバルブ構造とし、更にセンス

電流を膜面に垂直に流す C P P 構造としたことを特徴とするものである。

【 0 0 6 3 】

発明者は、C P P スピンバルブ磁気抵抗センサにおいて、ピンド強磁性層（以下ピンド層と省略する）、非磁性中間層（以下中間層と省略する）及びフリー強磁性層（以下フリー層と省略する）の各層厚を厚くして、バルク散乱を最大限に引き出すことにより、大きな抵抗変化を得ることを考えた。

【 0 0 6 4 】

反強磁性層、下地層及び表面保護層（キャップ層）を厚くしても抵抗変化は大きくならない。ピンド層、中間層及びフリー層を厚くすると、以下のことが考えられる。

【 0 0 6 5 】

（１） ピンド層を厚くすると、H u a（反強磁性層とピンド層の結合の強さ）が小さくなるとともに、漏れ磁界によりフリー層の感度が小さくなり、バイアス点の調整が困難となる。そこで、ピンド層を積層フェリ構造とすることにより、H u a を大きくし、漏れ磁界を小さくすることができる。

【 0 0 6 6 】

（２） フリー層を厚くすると、磁化方向を変化させるための外部磁界の量が多く必要となるため、フリー層の感度が小さくなる。これに対しても、フリー層を積層フェリ構造とすることにより小さな外部磁界でフリー層の磁化方向を変化させることができるため、感度が大きくなる。尚、ピンド層及びフリー層を厚くする場合においては、ピンド層とフリー層間の磁氣的結合を切るために、中間層を厚くすることが望ましい。

【 0 0 6 7 】

（３） GMR 膜をデュアルスピンバルブ構造とする。この場合は、ピンド層、中間層及びフリー層の部分が厚くなるだけでなく、界面数も多くなるため、界面散乱による抵抗変化も大きくなり抵抗変化量の向上には効果的である。

【 0 0 6 8 】

上記（１）～（３）の対策を単独ではなく、二つ若しくは三つを組み合わせ適用するとより効果的である。

【 0 0 6 9 】

上記（１）及び（２）の対策において、ピンド層及び／又はフリー層の厚さを無条件に厚くすることはできない。発明者は、ピンド層及びフリー層の材料を CoFeB とし、各層厚の最適値を実験的に求めた。

【 0 0 7 0 】

この結果、ピンド層及び／又はフリー層を CIP （カレント・イン・ザ・プレーン）構造における最適値よりも厚くすると抵抗変化量が増加することが判明した。

【 0 0 7 1 】

即ち、本発明の一つの特徴は、フリー層及びピンド層の少なくとも一方が、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化量が得られる層厚よりも厚い層厚を有していることである。

【 0 0 7 2 】

好ましくは、フリー層及び／又はピンド層の層厚は $3\text{ nm} \sim 12\text{ nm}$ の範囲内である。より好ましくは、この層厚は $5\text{ nm} \sim 7\text{ nm}$ の範囲内である。好ましくは、中間層の層厚は $4\text{ nm} \sim 6\text{ nm}$ の範囲内である。

【 0 0 7 3 】

換言すると、フリー層及び／又はピンド層の層厚は、その層の磁化方向に対してスピン依存散乱されないスピン方向の伝動電子の平均自由行程の $0.5 \sim 2.0$ 倍の範囲内であるのが好ましい。より好ましくは、フリー層又はピンド層の層厚は、スピン依存散乱されないスピン方向の伝動電子の平均自由行程とほぼ同程度の値である。

【 0 0 7 4 】

これは、平均自由行程と同程度の層厚を通過するとき、スピン依存散乱しない電子とスピン依存散乱する電子の電気抵抗の差が最も大きくなるためと考えられる。実際には、平均自由行程の 2 倍程度を超える厚さになると、電子のスピンが変化する可能性が大きくなるため、抵抗変化量が小さくなると考えられる。

【 0 0 7 5 】

この考え方を推し進めると、フリー層及びピンド層を CoFeB から形成した

場合だけでなく、別の強磁性材料或いは2種類以上の強磁性材料を組み合わせ、フリー層及びピン層を形成した場合でも、スピン依存散乱されないスピン方向の伝導電子の平均自由行程を持って厚さを最適化することが可能である。

【0076】

以下、図2乃至図9を参照してスピンバルブGMR膜6の膜構成について説明する。図2を参照すると、試料(a)の膜構成が示されている。試料(a)はCIP最適層厚シングルスピンバルブである。

【0077】

下端子層4上に5nmのTa層16がスパッタ成膜されている。以下の各層もすべてスパッタリングにより成膜されている。Ta層16上には2nmのNiFe層18が成膜されており、Ta層16とNiFe層18の一部により下地層を構成する。

【0078】

NiFe層18上には2nmのCoFeB層20が成膜されている。NiFe層18の一部とCoFeB層20によりフリー層が構成される。

【0079】

CoFeB層20上には2.8nmのCu中間層22が成膜されている。Cu中間層22上には2.5nmのCoFeBピン層24が成膜されている。

【0080】

CoFeBピン層24上には15nmのPdPtMn反強磁性層26が成膜されている。そして、反強磁性層26上には5nmのTaキャップ層28が成膜されている。キャップ層28は反強磁性層26を保護するものである。

【0081】

図3を参照すると、試料(b)のスピンバルブGMR膜の膜構成が示されている。この試料(b)はCIP最適層厚でピン層を積層フェリとしたシングルスピンバルブである。

【0082】

試料(b)は試料(a)とピン層の構成のみが相違し、他の層構成は試料(a)と同様である。即ち、試料(b)では、Cu中間層22上に2.5nmのC

o F e B 層 2 4 が成膜され、C o F e B 層 2 4 上に 0. 8 n m の R u 層 3 0 が成膜され、R u 層 3 0 上に 1. 5 n m の C o F e B 層 3 2 が成膜されている。即ち、試料 (b) では、R u 層 3 0 で分離された二つの C o F e B 層 2 4 , 3 2 で積層フェリピンド層を構成する。図 2 の形態では下地層 1 6 上に、フリー層から順に反強磁性層まで積層されているが、積層順は逆でも良い。

【 0 0 8 3 】

図 4 を参照すると、試料 (c) のスピバルブ G M R 膜の膜構成が示されている。試料 (c) は、ピンド層及び中間層の厚さを増加し、且つピンド層を積層フェリ構造としたシングルスピバルブである。

【 0 0 8 4 】

C u 中間層 3 6 の厚さを 5 n m に増加し、積層フェリピンド層を R u 層 3 0 で分離された厚さ 5 n m と 4 n m の二つの C o F e B 層 3 8 , 4 0 から構成したものである。

【 0 0 8 5 】

更に、C o F e B フリー層 3 4 の層厚を 2 n m ~ 1 2 n m の間で変化させて、層厚に応じた抵抗変化量の測定を行った。

【 0 0 8 6 】

図 5 を参照すると、試料 (d) のスピバルブ G M R 膜の膜構成が示されている。試料 (d) は、C I P 最適層厚のデュアルスピバルブである。

【 0 0 8 7 】

試料 (d) では、下地層は 5 n m の T a 層 1 6 と 2 n m の N i F e 層 1 8 から構成される。下地層上には 1 5 n m の P d P t M n 反強磁性層 4 2 が成膜されている。

【 0 0 8 8 】

反強磁性層 4 2 上には 2. 5 n m の C o F e B ピンド層 4 6 が成膜されており、C o F e B ピンド層 4 4 上には 2. 8 n m の C u 中間層 4 6 が成膜されている。

【 0 0 8 9 】

C u 中間層 4 6 上には、試料 (a) と同様に C o F e B フリー層 2 0 , C u 中

間層 2 2, C o F e B ピンド層 2 4、P d P t M n 反強磁性層 2 6 及び T a キャップ層 2 8 がそれぞれ成膜されている。

【 0 0 9 0 】

図 6 を参照すると、試料 (e) のスピバルブ G M R 膜の膜構成が示されている。試料 (e) は、C I P 最適層厚で二つのピンド層をフェリ磁性構造としたデュアルスピバルブである。

【 0 0 9 1 】

即ち、P d P t M n 反強磁性層 4 2 上に 1 . 5 n m の C o E e B 層 4 8 が成膜されている。C o F e B 層 4 8 上には 0 . 8 n m の R u 層 5 0 が成膜され、R u 層 5 0 上には 2 . 5 n m の C o F e B 層 5 2 が成膜されている。R u 層 5 0 で分離された二つの C o F e B 層 4 8 , 5 2 で積層フェリ構造を構成する。

【 0 0 9 2 】

C u 中間層 4 6 上には、試料 (b) と同様な C o F e B フリー層 2 0, C u 中間層 2 2、R u 層 3 0 で分離された二つの C o F e B 層 2 4 , 3 2 からなる積層フェリピンド層が成膜されている。更に、積層フェリピンド層上に P d P t M n 反強磁性層 2 6 が成膜され、反強磁性層 2 6 上に T a キャップ層 2 8 が成膜されている。

【 0 0 9 3 】

図 7 を参照すると、試料 (f) のスピバルブ G M R 膜の膜構成が示されている。試料 (f) は、ピンド層及び中間層の層厚を増加し、更に二つのピンド層を積層フェリ構造としたデュアルスピバルブである。

【 0 0 9 4 】

即ち、P d P t M n 反強磁性層 4 2 上に 4 n m の C o F e B 層 5 4 が成膜され、C o F e B 層 5 4 上に 0 . 8 n m の R u 層 5 0 が成膜され、R u 層 5 0 上に 5 n m の C o F e B 層 5 6 が成膜されている。

【 0 0 9 5 】

R u 層 5 0 で分離された二つの C o F e B 層 5 4 , 5 6 で積層フェリピンド層を構成する。C o F e B 層 5 6 上に 5 n m の C u 中間層 5 8 が成膜されている。

【 0 0 9 6 】

Cu 中間層 5 8 上には図 4 の試料 (c) と同様なフリー層 3 4、中間層 3 6、積層フェリピンド層 3 8, 3 0, 4 0, 反強磁性層 2 6 及びキャップ層 2 8 が成膜されている。

【 0 0 9 7 】

試料 (c) と同様に、CoFeB フリー層 3 4 の層厚を 2 nm ~ 1 2 nm の間で変化させて、抵抗変化量を測定した。

【 0 0 9 8 】

図 8 を参照すると、試料 (g) のスピバルブ GMR 膜の膜構成が示されている。試料 (g) は、ピンド層及び中間層の層厚を増加した点は図 7 の試料 (f) に類似しているが、フリー層を 2 nm の CoFeB 層 6 0 と、3 nm の NiFe 層 6 2 と、2 nm の CoFeB 層 6 4 から構成した点が試料 (f) と相違する。

【 0 0 9 9 】

図 9 を参照すると、試料 (h) のスピバルブ GMR 膜の膜構成が示されている。試料 (h) は図 7 に示した試料 (f) に類似しており、フリー層を積層フェリ構造とした点が試料 (f) と相違する。

【 0 1 0 0 】

即ち、Cu 中間層 5 8 上に 3 nm の CoFeB 層 6 6 が成膜され、CoFeB 層 6 6 上に 0. 8 nm の Ru 層 6 8 が成膜され、Ru 層 6 8 上に 6 nm の CoFeB 層 7 0 が成膜されている。

【 0 1 0 1 】

更に、CoFeB 層 7 0 上に 0. 8 nm の Ru 層 7 2 が成膜され、Ru 層 7 2 上に 3 nm の CoFeB 層 7 4 が成膜されている。Ru 層 6 8, 7 2 で分離された三つの CoFeB 層 6 6, 7 0, 7 4 で積層フェリ構造を構成する。

【 0 1 0 2 】

図 5 ~ 図 9 に示した試料 (d) ~ 試料 (h) のデュアルスピバルブでは、何れもピンド層が上下に 2 層配置され、フリー層は真中に 1 層のみ配置されている。

【 0 1 0 3 】

特に図示しないが、フリー層を上下に 2 層配置し、反強磁性層を真中に 1 層の

み配置した以下に示す積層構造のデュアルスピンバルブ磁気抵抗センサも本発明の範囲内である。

【0104】

即ち、このデュアルスピンバルブ磁気抵抗センサは、第1の導体層と、該第1の導体層上に配置された第1フリー強磁性層と、該第1フリー強磁性層上に配置された第1非磁性中間層と、該第1非磁性中間層上に配置された第1ピンド強磁性層と、該第1ピンド強磁性層上に配置された反強磁性層と、該反強磁性層上に配置された第2ピンド強磁性層と、該第2ピンド強磁性層上に配置された第2非磁性中間層と、該第2非磁性中間層上に配置された第2フリー強磁性層とを含んでいる。

【0105】

次に、図10(A)～図14(C)及び図10(A')～図14(C')を参照して、本発明の磁気抵抗センサの製造プロセスについて説明する。図10(A)～図14(C)は断面図であり、図10(A')～図14(C')は平面図を示している。

【0106】

まず、図10(A)に示すように、 Al_2O_3-TiC 基板2上に400nmのCu及び100nmのAuからなる下端子層4をスパッタリングにより成膜する。

【0107】

次に、下端子層4上に図2～図9の何れかに示したスピンバルブGMR膜6をスパッタリングにより成膜する。スピンバルブGMR膜6上に10nmのCuと10nmのAuからなるキャップ層8をスパッタリングにより成膜する。

【0108】

キャップ層8成膜後、100エルステッド(Oe)の磁場を印加しながら280℃で3時間の熱処理を行った。

【0109】

次いで、図10(B)及び図10(B')に示すように、キャップ層8上に下端子層形状のレジスト76を形成する。図10(C)及び図10(C')に示す

ように、Ar イオンによりイオンミル加工を行って、レジスト 7 6 を剥離すると、図 1 1 (A) 及び図 1 1 (A') に示す状態となる。

【0 1 1 0】

次いで、図 1 1 (B) 及び図 1 1 (B') に示すように、GMR 部にレジスト 7 8 を形成し、図 1 1 (C) 及び図 1 1 (C') に示すように、イオンミル加工を行い、レジスト 7 8 を剥離すると、図 1 2 (A) 及び図 1 2 (A') に示す状態となる。

【0 1 1 1】

次いで、図 1 2 (B) 及び図 1 2 (B') に示すように、150 nm の SiO_2 からなる絶縁層 8 0 をスパッタリングにより成膜する。次いで、図 1 2 (C) 及び図 1 2 (C') に示すように、絶縁層 8 0 上に絶縁層形状レジスト 8 2 を形成し、図 1 3 (A) 及び図 1 3 (A') に示すように、反応性イオンエッチング (RIE) 加工を行い、レジストを剥離すると、図 1 3 (B) 及び図 1 3 (B') に示す状態となる。

【0 1 1 2】

次いで、図 1 3 (C) 及び図 1 3 (C') に示すように、300 nm の Cu からなる上端子層 8 4 を一様に形成する。図 1 4 (A) 及び図 1 4 (A') に示すように、上端子層 8 4 上に上端子層形状レジスト 8 6 を形成し、図 1 4 (B) 及び図 1 4 (B') に示すように、RIE 加工を行い、レジスト 8 6 を剥離すると図 1 4 (C) 及び図 1 4 (C') に示す状態となり、CPP スピンバルブ磁気抵抗センサが完成する。

【0 1 1 3】

このようにして作成した CPP スピンバルブ磁気抵抗センサについて、 ± 500 エルステッド (Oe) の磁場を印加しながら、四端子法による抵抗測定を行った。

【0 1 1 4】

図 7 に示した CoFeB フリー層 3 4 の厚さ 7 nm の試料 (f) について、素子サイズ (面積、 μm^2) による抵抗変化量 ΔR (m Ω) の変化を図 1 5 に示す。測定データを $y = A/x$ の曲線に回帰させ、1 μm^2 時の ΔR を算出すると 3

。 $8 \text{ m}\Omega \mu\text{m}^2$ が得られた。

【 0 1 1 5 】

試料 (a) ～ (h) についても同様に $1 \mu\text{m}^2$ 時の ΔR を算出した、これを図 1 6 及び図 1 7 に示す。図 1 6 の試料 (c) 及び (f) はフリー層の層厚が 2 nm のときの抵抗変化量 ΔR である。

【 0 1 1 6 】

シングルスピンバルブ GMR 膜については、試料 (a) に対し、積層フェリ化した試料 (b) では $1 \mu\text{m}^2$ 時の ΔR は約 1.5 倍となっている。更に、ピンド層及び中間層を増厚した試料 (c) では $1 \mu\text{m}^2$ 時の ΔR は約 2 倍となっている。

【 0 1 1 7 】

また、試料 (a) をデュアルスピンバルブ化した試料 (d) では $1 \mu\text{m}^2$ 時の ΔR は約 2 倍となっている。更に、積層フェリ化した試料 (e) では ΔR は試料 (d) より大きくなっており、ピンド層を積層フェリ化し、更にピンド層及び中間層を増厚した試料 (f) ではピンド層を積層フェリ化した試料 (e) よりも ΔR は大きくなっている。

【 0 1 1 8 】

試料 (c) 及び試料 (f) ではフリー層の厚さを変化させた。この結果を図 1 7 に示す。図 1 7 を観察すると明らかなように、シングルスピンバルブの試料 (c) では、フリー層の厚さ 5 nm で、デュアルスピンバルブの試料 (f) では、フリー層の厚さが 7 nm で $1 \mu\text{m}^2$ 時の ΔR は最も大きくなっている。

【 0 1 1 9 】

フリー層の構成を試料 (f) から変化させた試料 (g) 及び試料 (h) でもそれぞれ 3.4, 2.8 $\text{m}\Omega \mu\text{m}^2$ と大きな ΔR が得られた。

【 0 1 2 0 】

以上の実験結果から以下のように結論付けることができる。スピンバルブ GMR 膜を CPP 構造で用いる場合、デュアルスピンバルブ化、積層フェリ化、ピンド層／中間層／フリー層の層厚を厚くすることにより抵抗変化量 ΔR が向上する。

【 0 1 2 1 】

デュアルスピバルブ化、積層フェリ化、ピンド層／中間層／フリー層の層厚を厚くすることは、単独でも抵抗変化量 ΔR 向上の効果があるが、これらを組み合わせることにより抵抗変化量 ΔR をより大きく向上することができる。

【 0 1 2 2 】

尚、本実施形態では、積層フェリ化せずにピンド層及び中間層を増厚させた試料は特に図示されてないが、これらも ΔR が向上することを確認している。

【 0 1 2 3 】

フリー層又はピンド層の層厚はC I P最適層厚よりも厚ければ抵抗変化量 ΔR は向上する。フリー層又はピンド層の層厚は3 nm～12 nmの範囲内が好ましく、5 nm～7 nmの範囲内がより好ましい。

【 0 1 2 4 】

この最適層厚は、磁性材料のC o F e B内でスピン依存散乱しない電子の平均自由行程と同等である。フリー層及びピンド層の材料が変化してもスピン依存散乱しない電子の平均自由行程と同等の層厚が最適である。

【 0 1 2 5 】

尚、C u中間層の層厚については、ピンド層又はフリー層を増厚した場合に磁性層間の層間結合を十分に遮断する必要がある。C I P最適層厚では、中間層の層厚は2.8 nm前後であるが、ピンド層又はフリー層を増厚した場合はこれより厚くする必要があり、磁性層間の層間結合を十分に遮断するために4 nm～6 nmの範囲内が好ましい。

【 0 1 2 6 】

上述したC P Pスピバルブ磁気抵抗センサは、主としてコンピュータの記録／再生装置である磁気ディスク装置の磁気抵抗ヘッドとして使用される。

【 0 1 2 7 】

図18を参照すると本発明第2実施形態の磁気抵抗ヘッド88の断面図が示されている。符号90は例えばN i F eから形成された第1磁気シールドであり、第1磁気シールド90上には例えばアルミナ($A l_2 O_3$)からなる絶縁層92が積層されている。96, 112も同様に例えばアルミナ等から形成された絶縁層

である。

【 0 1 2 8 】

絶縁層 9 2 上には下部電極端子 9 4 , 9 8 がめっき法又は蒸着法により形成されている。1 0 6 はスピバルブ磁気抵抗素子であり、Ni Fe / Cu / Ni Fe / Ir Mn 等のスピバルブ GMR 膜、Ni Fe / Cu / Co Fe B / Ru / Co Fe B / Pd Pt Mn 等の積層フェリスピバルブ GMR 膜、Ni Fe / Al₂O₃ / Ni Fe / Pd Pt Mn 等のトンネル接合型 MR 膜 (TMR 膜) を用いることができる。

【 0 1 2 9 】

1 0 2 は例えば Ni Fe から形成された第 1 フラックスガイドであり、一端がヘッド 8 8 の媒体対向面 8 8 a に露出し、他端がスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の 1 端と重なって配置されている。

【 0 1 3 0 】

第 1 フラックスガイド 1 0 2 はスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 と接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば電氣的に同通していてもしていても良い。

【 0 1 3 1 】

1 0 4 は例えば Ni Fe から形成された第 2 フラックスガイドであり、一端がスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の他端と重なって配置されている。第 2 フラックスガイド 1 0 4 はスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 と接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば電氣的に同通していてもしていても良い。

【 0 1 3 2 】

第 1 磁気シールド 9 0 と第 2 フラックスガイド 1 0 4 の間には、例えば Ni Fe から形成されたフラックスパス 1 0 0 が形成されている。フラックスパス 1 0 0 は第 1 磁気シールド 9 0 及び第 2 フラックスガイド 1 0 4 に接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば電氣的に同通していてもしていても良い。

【 0 1 3 3 】

スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の上には上部電極端子 1 1 0 が形成されており、更に上部電極端子 1 1 0 に電氣的に同通して例えば N i F e から形成された第 2 磁気シールド 1 1 4 が形成されており、第 2 6 磁気シールド 1 1 4 が電極端子として機能する。

【 0 1 3 4 】

本実施形態の磁気抵抗ヘッド 8 8 はスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の上下に電極 9 4, 9 8, 1 1 0 が配置されているため、スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の膜面に垂直に電流を流す C P P 構造である。1 1 6 は記録トラック 1 1 8 を有する磁気記録媒体である。

【 0 1 3 5 】

本実施形態のスピバルブ磁気抵抗ヘッド 8 8 は、磁気記録媒体 1 1 6 から漏洩する信号磁界は第 1 フラックスガイド 1 0 2 を通ってスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 に案内される。更に、スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 からの信号磁界は第 2 フラックスガイド 1 0 4 及びフラックスパス 1 0 0 を通って第 1 磁気シールド 9 0 に至る。

【 0 1 3 6 】

更に、電極端子 9 8, 1 1 0 はスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の膜面の一部に接触しており、該膜面内において電極端子 9 8, 1 1 0 の方がスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 よりも小さなサイズを有している。

【 0 1 3 7 】

よって、最も感度の高いスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の中央部の磁化の動きのみを電極端子 9 8, 1 1 0 で検出することから、高感度なヘッド再生特性を得ることができる。

【 0 1 3 8 】

更に、フラックスガイド型構造であるため、スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 を直接研磨加工する必要がないので、歩留まり良くスピバルブ磁気抵抗ヘッドを生産できる。

【 0 1 3 9 】

以下、図 1 9 (A) ~ 図 2 1 (C) 及び図 1 9 (A ') ~ 図 2 1 (C ') を参

照して、スピバルブ磁気抵抗ヘッド 8 8 の製造方法について説明する。図 1 9 (A) ~ 図 2 1 (C) はスピバルブ磁気抵抗素子の高さ方向の断面図であり、図 1 9 (A') ~ 図 2 1 (C') はトラック幅方向の断面図である。

【0 1 4 0】

まず、図示しない基板上に第 1 磁気シールド 9 0、絶縁層 9 2 及び電極端子 9 4 を順次成膜する。次に、図 1 9 (A) 及び図 1 9 (A') に示すように、この電極端子 9 4 を所望の形状にパターニングする。

【0 1 4 1】

次に、絶縁層 9 6 を成膜し、絶縁層 9 6 上にレジスト 9 7 を形成し、このレジスト 9 7 を所望の形状にパターニングする。レジスト 9 7 をマスクとして、図 1 9 (B) 及び図 1 9 (B') に示すように、絶縁層 9 6 にイオンミリング等により穴を開ける。

【0 1 4 2】

次に、図 1 9 (C) 及び図 1 9 (C') に示すように、レジスト 9 7 は除去せずに電極端子 9 4 上に電極端子 9 8 を形成する。電極端子 9 4 と電極端子 9 8 は電氣的に同通している。

【0 1 4 3】

次に、電極端子 9 8 を形成したのと同様な方法で、図 1 9 (D) に示すように、フラックスパス 1 0 0 を絶縁層 9 2、9 6 に穴を開けることにより形成する。ここで、第 1 磁気シールド 9 0 とフラックスパス 1 0 0 は接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば電氣的に同通していても良い。

【0 1 4 4】

次に、図 2 0 (A) に示すように、第 1 フラックスガイド 1 0 2 と第 2 フラックスガイド 1 0 4 を電極端子 9 8 を形成したのと同様な方法で、絶縁層 9 6 に穴を開けることにより形成する。

【0 1 4 5】

ここで、第 1 フラックスガイド 1 0 2 は電極端子 9 4、9 8 及び第 1 磁気シールド 9 0 と電氣的に接触しないように形成するのが望ましい。第 2 フラックスガ

イド 1 0 4 も電極端子 9 4, 9 8 及び第 1 磁気シールド 9 0 と電氣的に接触しないように形成するのが望ましい。

【 0 1 4 6 】

更に、第 2 フラックスガイド 1 0 4 はフラックスパス 1 0 0 と接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば、電氣的に同通していてもしていなくとも良い。

【 0 1 4 7 】

次に、スピバルブ磁気抵抗素子としての GMR 膜 1 0 6 をスパッタリングにより成膜し、GMR 膜 1 0 6 上にレジスト 1 0 7 を形成して所望の形状にパターンニングする。

【 0 1 4 8 】

図 2 0 (B) 及び図 2 0 (B ') に示すように、このレジスト 1 0 7 をマスクとしてスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 を所望の形状にパターンニングする。

【 0 1 4 9 】

ここで、スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 と第 1、第 2 フラックスガイド 1 0 2, 1 0 4 は膜面の一部において重なるように配置する。スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 と第 1、第 2 フラックスガイド 1 0 2, 1 0 4 は接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば電氣的に同通していてもしていなくとも良い。

【 0 1 5 0 】

次に、図 2 0 (C ') に示すように、レジスト 1 0 7 は除去しない状態で磁区制御膜 1 0 8 をスパッタリングによりスピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の両側に成膜する。この磁区制御膜 1 0 8 としては、C o C r P t 等の高保磁力膜や P d P t M n 等の反強磁性膜を用いることができる。

【 0 1 5 1 】

次に、電極端子 1 1 0 を一様に形成し、電極端子 1 1 0 上にレジスト 1 1 1 を形成してこのレジストを所望の形状にパターンニングする。図 2 1 (A) 及び図 2 1 (A ') に示すように、レジスト 1 1 1 をマスクとして電極端子 1 1 0 をパターンニングする。

【0152】

次に、レジスト111を除去せずに絶縁層112を成膜し、その後図21(B)及び図21(B')に示すように、レジスト111を除去する。次に、図21(C)及び図21(C')に示すように、絶縁層112上に第2磁気シールド114を形成してスピバルブ磁気抵抗ヘッド88が完成する。ここで、電極端子110と第2磁気シールド114は電氣的に同通している。

【0153】

第1、第2磁気シールド90、114、及び電極端子110はメッキ法や蒸着法により形成し、絶縁層92、96、112はスパッタリング法等により形成する。以上の製造方法により、フラックスガイド型でCPP構造の高感度のスピバルブ磁気抵抗ヘッドが得られる。

【0154】

図22を参照すると、本発明第3実施形態のスピバルブ磁気抵抗ヘッド88'の断面図が示されている。本実施形態のスピバルブ磁気抵抗ヘッド88'は図18に示した第2実施形態のスピバルブ磁気抵抗ヘッド88に類似しているが、第2実施形態の電極94、98を有しない点で相違する。

【0155】

本実施形態のスピバルブ磁気抵抗ヘッド88'では、スピバルブ磁気抵抗素子106と第2フラックスガイド104は接触しており、フラックスパス100は第2フラックスガイド104と第1磁気シールド90に接触している。

【0156】

よって、第1磁気シールド90とスピバルブ磁気抵抗素子106はフラックスパス100、第2フラックスガイド104を介して電氣的に同通している。よって、本実施形態のスピバルブ磁気抵抗ヘッド88'では、第1磁気シールド90が一方の電極端子として作用する。なお第3実施形態においても、シールド114は電極端子として作用する。

【0157】

第1フラックスガイド102と第2フラックスガイド104の間には、Cu、 Al_2O_3 等から形成された非磁性膜122が形成されている。符号120は絶縁

層である。

【0158】

以下、図23(A)～図25(B)及び図23(A')～図25(B')を参照して、第3実施形態のスピンバルブ磁気抵抗ヘッド88'の製造方法について説明する。図23(A)～図25(B)はスピンバルブ磁気抵抗素子の高さ方向の断面図であり、図23(A')～図25(B')はトラック幅方向の断面図である。

【0159】

図示しない基板上に第1磁気シールド90、絶縁層120を順次成膜する。次に図23(A)に示すように、フラックスパス100を絶縁層120に穴を開けることにより作成する。ここで、第1磁気シールド90とフラックスパス100は接触しており、電氣的に同通している。

【0160】

次に非磁性膜122を成膜し、非磁性膜122上にレジスト123を形成して、レジスト123を所望の形状にパターニングする。図23(B)及び図23(B')に示すように、このレジスト123をマスクとして非磁性膜122をパターニングする。非磁性膜122としてはCu、 Al_2O_3 等を用いることができる。

【0161】

次にレジスト123を除去せずに第1フラックスガイド102と第2フラックスガイド104を成膜し、レジスト123除去後再度パターニングすることで、図23(C)及び図23(C')に示すように、第1及び第2フラックスガイド102、104を形成する。ここで、第2フラックスガイド104はフラックスパス100と接触しており、電氣的に同通している。

【0162】

次に、スピンバルブ磁気抵抗素子としてのスピンバルブGMR膜106をスパッタリング法等により成膜し、GMR膜106上にレジスト107を一様に形成し、このレジスト107を所望形状にパターニングする。

【0163】

図 2 4 (A) 及び図 2 4 (A') に示すように、レジスト 1 0 7 をマスクとして、GMR 膜 1 0 6 を所望形状にパターニングする。ここで、スピバルブ磁気抵抗素子 (GMR 膜) 1 0 6 と第 1、第 2 フラックスガイド 1 0 2, 1 0 4 は膜面の一部において重なるように配置する。

【 0 1 6 4 】

スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 と第 1 フラックスガイド 1 0 2 は接触していることが望ましいが、磁氣的に結合できる程度に近接していれば電氣的に同通してもしていなくとも良い。スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 と第 2 フラックスガイド 1 0 4 は接触しており、電氣的に同通している。

【 0 1 6 5 】

次に、レジスト 1 0 7 を除去しない状態で、磁区制御膜 1 0 8 をスパッタリング法等により成膜し、レジスト 1 0 7 を除去すると、図 2 4 (B') に示すように、スピバルブ磁気抵抗素子 1 0 6 の両側に磁区制御膜 1 0 8 が形成される。磁区制御膜 1 0 8 としては、C o C r B t 等の高保磁力膜、P d P t M n 等の反強磁性膜を用いることができる。

【 0 1 6 6 】

次に、電極端子 1 1 0 を一様に形成し、この電極端子 1 1 0 上にレジスト 1 1 1 を一様に形成してから、レジスト 1 1 1 を所望形状にパターニングする。図 2 4 (C) 及び図 2 4 (C') に示すように、レジスト 1 1 1 をマスクとして、電極端子 1 1 0 を所望形状にパターニングする。

【 0 1 6 7 】

次に、レジスト 1 1 1 を除去せずに絶縁層 1 1 2 を成膜し、その後レジスト 1 1 1 を除去することにより、図 2 5 (A) 及び図 2 5 (A') に示す状態が得られる。

【 0 1 6 8 】

次に、図 2 5 (B) 及び図 2 5 (B') に示すように、絶縁層 1 1 2 上に第 2 磁気シールド 1 1 4 を形成することにより、スピバルブ磁気抵抗ヘッド 8 8' が完成する。電極端子 1 1 0 と第 2 磁気シールド 1 1 4 は接触しており、電氣的に同通している。

【 0 1 6 9 】

本実施形態のスピンバルブ磁気抵抗ヘッド 8 8 ' では、第 1 磁気シールド 9 0 が一方の電極端子を兼用することになり、C P P 構造のスピンバルブ磁気抵抗ヘッド 8 8 ' を構成することができる。

【 0 1 7 0 】

図 2 6 を参照すると、スピンバルブ磁気抵抗素子としての逆積層型のスピンバルブ GMR 膜の構造が示されている。図示しない S i 基板上に 5 n m の T a 下地層 1 3 0、5 n m の N i F e バッファ層 1 3 2、2 5 n m の P d P t M n 反強磁性層 1 3 4、2. 2 n m の C o F e B ピンド層 1 3 6 が D C マグネトロンスパッタ法により成膜されている。

【 0 1 7 1 】

ピンド層 1 3 6 上に 3. 5 n m の C u 中間層 1 3 8、C u 中間層 1 3 8 上に 1. 5 n m の C o F e B 及び 2 n m の N i F e からなるフリー層 1 4 0 が成膜されている。

【 0 1 7 2 】

フリー層 1 4 0 上に連続して、1 0 n m の I r M n からなるフリー層 1 4 0 へのバイアス磁界印加層としての反強磁性層 1 4 2、5 n m の T a キャップ層 1 4 4 を成膜した。

【 0 1 7 3 】

この試料は規則系反強磁性材料である P d P t M n の規則化のため、 8×10^{-5} パスカル (P a) 以下の真空中で 2. 5 k エルステッド (O e) の磁場を印加しながら 2 8 0 ° C で 3 時間の熱処理を行った。

【 0 1 7 4 】

その後、この試料について S F₆ ガスを用いて R I E 処理を行った。R I E 処理の条件は、プロセスガス圧 0. 5 P a、基板温度 2 0 ° C、基板電位 1 ボルト、アンテナ電力 1 0 0 W、バイアス電力 2 W であった。キャップ層 1 4 4 の T a は S F₆ ガスでエッチングされる。

【 0 1 7 5 】

図 2 7 に S F₆ ガスでの R I E 処理時間とスピンバルブ GMR 膜の諸特性との

関係を示す。H u a はフリー層と I r M n 反強磁性層との間に動くバイアス磁界、H c はフリー層の保磁力、M s はフリー層の飽和磁化である。

【 0 1 7 6 】

図 2 7 を観察すると、1 0 分の R I E 処理でフリー層 1 4 0 と I r M n バイアス磁界印加層 1 4 2 との間のバイアス磁界 H u a は消失し、フリー層の保磁力 H c は約 8 エルステッド (O e) となり、フリー層単層膜の特性と同等の値を示している。

【 0 1 7 7 】

一方、フリー層 1 4 0 の飽和磁化 M s 及びスピンドルバルブ GMR 膜の MR 比は殆ど変化していない。これによりフッ素を用いた場合にスピバルブ GMR 膜の特性を維持したままで、I r M n 反強磁性層 (バイアス磁界印加層) 1 4 2 とフリー層 1 4 0 との間の交換結合力を消滅できることが理解される。

【 0 1 7 8 】

図 2 8 にスピバルブ GMR 膜を S F₆ で R I E 処理したときの F, I r, M n のピーク強度 (含有量) とフリー層に働く H u a との関係を示す。GMR 膜中の F 量は処理時間とともに増加しており、H u a の減少との間に相関が見られる。

【 0 1 7 9 】

一方、I r 及び M n の含有量は殆ど変化していないことから、I r M n は物理的にエッチングされずに残っていることがわかる。R I E を 2 0 分行った試料に 2 8 0 ℃ の熱処理を行ったところ、F 量の変化はマイナス 8 % と殆ど減少しておらず、F は GMR 膜中で化合物をつくり安定した状態であると言える。

【 0 1 8 0 】

図 2 9 に R I E 処理前後のスピバルブ GMR 膜の X 線回折特性を示す。R I E 処理前の試料では 2 θ が 4 1 ℃ 付近に H u a の発現に寄与する I r M n の f c c (1 1 1) ピークが観察される。一方、R I E 処理後の試料ではそのピークが見られない。

【 0 1 8 1 】

このことから GMR 膜中でフッ化物が形成されることにより、I r M n の結晶

性が乱れたことがH u aが消滅した原因といえる。また、 2θ が44度付近に観察されるフリー層のf c c (1 1 1)のピークはR I E処理前後で変化していないことから、上述した条件でR I E処理を行うことで、フリー層140へ悪影響を与えず、反強磁性層142とフリー層140との間の交換結合力を消滅できることがわかる。

【0182】

他の反強磁性層であるP d P t M n材料においてもフッ素又は塩素によりH u aが消失することを確認しており、この結果から、N i M n, P t M n, P d P t M n, I r M nと等のマンガン系の反強磁性材料に対し、フッ素又は塩素によりGMR膜の磁界感知部の交換結合力を消失できることが容易に類推できる。

【0183】

本発明は以下の付記を含むものである。

【0184】

(付記1) 磁気抵抗センサであって、

第1の導体層と、

該第1の導体層上に配置されたフリー強磁性層と、

該フリー強磁性層上に配置された非磁性中間層と、

該非磁性中間層上に配置されたピンド強磁性層と、

該ピンド強磁性層上に配置された反強磁性層と、

該反強磁性層上に配置された第2の導体層とを具備し、

前記フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方が、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率或いは抵抗変化量が得られる層厚よりも厚い層厚を有していることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【0185】

(付記2) 前記フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方の層厚が、その層の磁化方向に対してスピン依存散乱されないスピン方向の伝導電子の平均自由行程の0.5～2.0倍の範囲内である付記1記載の磁気抵抗センサ。

【0186】

(付記3) 前記フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方の層厚

が、3 nm～12 nmの範囲内である付記2記載の磁気抵抗センサ。

【0187】

(付記4) 前記ピンド強磁性層が積層フェリ構造である付記1記載の磁気抵抗センサ。

【0188】

(付記5) 前記フリー強磁性層が積層フェリ構造である付記1記載の磁気抵抗センサ。

【0189】

(付記6) 前記非磁性中間層の層厚が、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率或いは抵抗変化量が得られる層厚よりも厚い付記1記載の磁気抵抗センサ。

【0190】

(付記7) 前記非磁性中間層はCuから形成され、その層厚が4 nm～6 nmの範囲内である付記5記載の磁気抵抗センサ。

【0191】

(付記8) 前記フリー強磁性層及び前記ピンド強磁性層はCo, CoFe, CoFeB, NiFeからなる群から選択される付記3記載の磁気抵抗センサ。

【0192】

(付記9) 磁気抵抗センサであって、
第1の導体層と、
該第1の導体層上に配置された第1反強磁性層と、
該第1反強磁性層上に配置された第1ピンド強磁性層と、
該第1ピンド強磁性層上に配置された第1非磁性中間層と、
該第1非磁性中間層上に配置されたフリー強磁性層と、
該フリー強磁性層上に配置された第2非磁性中間層と、
該第2非磁性中間層上に配置された第2ピンド強磁性層と、
該第2ピンド強磁性層上に配置された第2反強磁性層と、
該第2反強磁性層上に配置された第2の導体層と、
を具備したことを特徴とする磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 3 】

(付記 1 0) 前記第 1 ピンド強磁性層、前記第 2 ピンド強磁性層及び前記フリー強磁性層のうち少なくとも一つの層厚が 3 n m ~ 1 2 n m の範囲内である付記 9 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 4 】

(付記 1 1) 前記第 1 及び第 2 ピンド強磁性層及び前記フリー強磁性層は C o , C o F e , C o F e B , N i F e からなる群から選択される付記 1 0 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 5 】

(付記 1 2) 前記第 1 及び第 2 ピンド強磁性層及び前記フリー強磁性層のうち少なくとも一つが積層フェリ構造である付記 9 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 6 】

(付記 1 3) 前記第 1 及び第 2 非磁性中間層は C u から構成され、その層厚が 4 n m ~ 6 n m の範囲内である付記 9 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 7 】

(付記 1 4) 磁気抵抗センサであって、
第 1 の導体層と、
該第 1 の導体層上に配置された第 1 フリー強磁性層と、
該第 1 フリー強磁性層上に配置された第 1 非磁性中間層と、
該第 1 非磁性中間層上に配置された第 1 ピンド強磁性層と、
該第 1 ピンド強磁性層上に配置された反強磁性層と、
該反強磁性層上に配置された第 2 ピンド強磁性層と、
該第 2 ピンド強磁性層上に配置された第 2 非磁性中間層と、
該第 2 非磁性中間層上に配置された第 2 フリー強磁性層と、
を具備したことを特徴とする磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 8 】

(付記 1 5) 第 1 の導体層と第 2 の導体層の間に磁気抵抗効果膜が配置された磁気抵抗センサであって、

前記磁気抵抗効果膜は、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率

或いは抵抗変化量が得られる層圧よりも厚い層圧を有していることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【 0 1 9 9 】

(付記 1 6) 前記磁気抵抗効果膜はフリー強磁性層及びピンド強磁性層を有するスピバルブ膜であり、

前記フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方は、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率又は抵抗変化量が得られることを特徴とする付記 1 5 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 2 0 0 】

(付記 1 7) 記録媒体に記録された情報を再生する磁気抵抗ヘッドであって

第 1 電極端子と、

記録媒体から漏洩する信号磁界の変化を抵抗変化に変換する、前記ヘッドの媒体対向面から後退して且つ前記第 1 電極端子上に設けられたスピバルブ磁気抵抗素子と、

一端が前記ヘッドの媒体対向面に露出し、他端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の一端と重なって配置された、記録媒体からの磁束を前記スピバルブ磁気抵抗素子に案内する第 1 フラックスガイドと、

一端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の他端と重なって配置された第 2 フラックスガイドと、

前記スピバルブ磁気抵抗素子上に設けられた第 2 電極端子と、

を具備したことを特徴とする磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 1 】

(付記 1 8) 前記スピバルブ磁気抵抗素子は、前記第 1 電極端子上に設けられたフリー強磁性層と、該フリー強磁性層上に設けられた非磁性中間層と、該非磁性中間層上に設けられたピンド強磁性層と、該ピンド強磁性層上に設けられた反強磁性層とを含んでいる付記 1 7 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 2 】

(付記 1 9) 前記第 1 及び第 2 フラックスガイドの少なくとも一方が前記ス

ピンバルブ磁気抵抗素子に接触している付記 1 7 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 3 】

(付記 2 0) 前記第 1 電極端子の下方に配置された第 1 磁気シールドと、
前記第 2 電極端子上に配置された第 2 磁気シールドとを更に具備し、
前記第 2 フラックスガイドと前記第 1 磁気シールドとはフラックスパスを介して磁氣的に結合している付記 1 7 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 4 】

(付記 2 1) 前記第 1 及び第 2 電極端子のうち少なくとも一方が前記スピンバルブ磁気抵抗素子の膜面の一部に接触しており、該膜面内において前記一方の電極端子の方が前記スピンバルブ磁気抵抗素子よりも小さい付記 1 7 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 5 】

(付記 2 2) 前記第 1 及び第 2 電極端子の他方の電極端子が前記スピンバルブ磁気抵抗素子の膜面の一部に接触しており、該第 1 及び第 2 電極端子はほぼ同一サイズである付記 2 1 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 6 】

(付記 2 3) 前記スピンバルブ磁気抵抗素子の両側に配置された磁区制御膜を更に具備し、
該磁区制御膜は高保磁力膜及び反強磁性膜の何れかから構成される付記 1 7 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 7 】

(付記 2 4) 記録媒体に記録された情報を再生するスピンバルブ磁気抵抗ヘッドであって、
第 1 磁気シールドと、
該第 1 磁気シールド上に設けられた絶縁層と、
記録媒体から漏洩する信号磁界の変化を抵抗変化に変換する、前記ヘッドの媒体対向面から後退して且つ前記絶縁層上に設けられたスピンバルブ磁気抵抗素子と、
一端が前記ヘッドの媒体対向面に露出し、他端が前記スピンバルブ磁気抵抗素

子の一端と重なって配置された、記録媒体からの磁束を前記スピバルブ磁気抵抗素子に案内する第 1 フラックスガイドと、

一端が前記スピバルブ磁気抵抗素子の他端と接触して配置された第 2 フラックスガイドと、

前記スピバルブ磁気抵抗素子上に設けられた電極端子と、

該電極端子の上に配置された第 2 磁気シールドと、

前記第 2 フラックスガイドと前記第 1 磁気シールドとを接続するフラックスパスと、

を具備したことを特徴とする磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 8 】

(付記 2 5) 前記スピバルブ磁気抵抗素子は、前記第 2 フラックスガイドの一端に部分的に接触して前記絶縁層上に設けられたフリー強磁性層と、該フリー強磁性層上に設けられた非磁性中間層と、該非磁性中間層上に設けられたピンド強磁性層と、該ピンド強磁性層上に設けられた反強磁性層とを含む付記 2 4 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 0 9 】

(付記 2 6) 前記電極端子は、前記スピバルブ磁気抵抗素子の膜面の一部に接触しており、該膜面内において前記電極端子は前記スピバルブ磁気抵抗素子よりも小さい付記 2 4 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 1 0 】

(付記 2 7) 前記絶縁層上で且つ前記第 1 及び第 2 フラックスガイドの間に配置された非磁性層を更に具備し、

前記スピバルブ磁気抵抗素子は前記非磁性層上に設けられている付記 2 4 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 1 1 】

(付記 2 8) 前記スピバルブ磁気抵抗素子の両側に配置された磁区制御膜を更に具備し、

該磁区制御膜は高保磁力膜及び反強磁性膜の何れかから構成される付記 2 4 記載の磁気抵抗ヘッド。

【 0 2 1 2 】

(付記 2 9) 磁気抵抗センサであって、
第 1 反強磁性層と、
該第 1 反強磁性層上に配置されたピンド強磁性層と、
該ピンド強磁性層上に配置された非磁性中間層と、
該非磁性中間層上に配置されたフリー強磁性層と、
該フリー強磁性層上に配置された、交換結合力により該フリー強磁性層の磁区制御を行う第 2 反強磁性層とを具備し、

前記フリー強磁性層の磁界感知部と接する前記第 2 反強磁性層の部分が、該第 2 反強磁性層の構成元素とフッ素及び塩素からなる群から選択された反応性元素との化合物から構成されることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【 0 2 1 3 】

(付記 3 0) 前記第 2 反強磁性層はマンガンと他の金属元素との合金から構成される付記 2 9 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 2 1 4 】

(付記 3 1) 前記第 2 反強磁性層は Ni Mn, Pt Mn, Pd Pt Mn, Ir Mn からなる群から選択される合金から構成される付記 3 0 記載の磁気抵抗センサ。

【 0 2 1 5 】

(付記 3 2) 磁気抵抗センサの製造方法であって、
第 1 反強磁性層を形成し、
該第 1 反強磁性層上にピンド強磁性層を形成し、
該ピンド強磁性層上に非磁性中間層を形成し、
該非磁性中間層上にフリー強磁性層を形成し、
該フリー強磁性層上に、交換結合力により該フリー強磁性層の磁区制御を行う第 2 反強磁性層を形成し、

前記フリー強磁性層の磁界感知部と接する前記第 2 反強磁性層の部分に、フッ素及び塩素からなる群から選択される反応性元素ガスを照射することにより、前記部分に前記第 2 反強磁性層の構成元素と前記反応性元素との化合物を形成する

各ステップから構成されることを特徴とする磁気抵抗センサの製造方法。

【0216】

【発明の効果】

本発明のC P Pスピンバルブ磁気抵抗センサは、ピンド強磁性層、非磁性中間層又はフリー強磁性層の増厚を行うことにより、大きな抵抗変化量を得ることができる。更に、デュアルスピンバルブ構造又はピンド層を積層フェリ構造とすることにより、より大きな抵抗変化量を得ることができる。フリー層を積層フェリ化しても効果がある。

【0217】

本発明のスピンバルブ磁気抵抗ヘッドはフラックスガイド型で且つC P P構造としたので、最も感度の高いスピンバルブ磁気抵抗素子中央部の磁化の動きのみを電極端子で検出できるので、高感度な磁気抵抗ヘッドの再生特性が得られる。

【0218】

また、フラックスガイド構造であるため、スピンバルブ磁気抵抗素子を直接研磨加工する必要がないので、スピンバルブ磁気抵抗ヘッドを歩留まり良く生産できる。

【0219】

更に、本発明の一つの特徴によれば、酸素に対する耐性が高い反強磁性層に対しても、フッ素又は塩素によりフリー層の磁界感知部の交換結合力を消失させることが可能である。その上、フッ素又は塩素で処理後、フリー層上に安定なフッ化物又は塩化物が形成されるため、GMR膜の特性劣化を抑制する効果も同時に得ることができる。

【0220】

更に、フッ素又は塩素でエッチング可能なT a, T i W, M o等の電極材料を用いることで、電極端子形成とバイアス磁界消滅の工程が単一のガスで連続的に行うことが可能になるため、プロセスが容易になるとともに電極端子とスピンバルブ磁気抵抗素子の位置併せの問題も回避することができ、安定して良好な特性のスピンバルブ磁気抵抗センサを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明第 1 実施形態の CPP スピンバルブ磁気抵抗センサの断面図である。

【図 2】

試料 (a) の構成を示す図である。

【図 3】

試料 (b) の構成を示す図である。

【図 4】

試料 (c) の構成を示す図である。

【図 5】

試料 (d) の構成を示す図である。

【図 6】

試料 (e) の構成を示す図である。

【図 7】

試料 (f) の構成を示す図である。

【図 8】

試料 (g) の構成を示す図である。

【図 9】

試料 (h) の構成を示す図である。

【図 10】

図 10 (A) ～図 10 (C) 及び図 10 (A') ～図 10 (C') は磁気抵抗センサ製造プロセスを示す図であり、図 10 (A) ～図 10 (C) は断面図、図 10 (A') ～図 10 (C') は平面図をそれぞれ示している。

【図 11】

磁気抵抗センサの製造プロセスを示す図である。

【図 12】

磁気抵抗センサの製造プロセスを示す図である。

【図 13】

磁気抵抗センサの製造プロセスを示す図である。

【図 1 4】

磁気抵抗センサの製造プロセスを示す図である。

【図 1 5】

GMR サイズに応じた抵抗変化量 ΔR を示す図である。

【図 1 6】

試料 (a) ~ 試料 (f) の抵抗変化量 ΔR を示す図である。

【図 1 7】

フリー層の層厚による抵抗変化量 ΔR を示す図である。

【図 1 8】

本発明第 2 実施形態のスピンバルブ磁気抵抗ヘッドの断面図である。

【図 1 9】

図 1 9 (A) ~ 図 1 9 (D) 及び図 1 9 (A') ~ 図 1 9 (D') は磁気抵抗ヘッドの製造プロセスを示す図であり、図 1 9 (A) ~ 図 1 9 (D) はスピンバルブ磁気抵抗素子の高さ方向の断面図、図 1 9 (A') ~ 図 1 9 (D') はトラック幅方向の断面図である。

【図 2 0】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセスを示す図である。

【図 2 1】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセスを示す図である。

【図 2 2】

本発明第 3 実施形態のスピンバルブ磁気抵抗ヘッドの断面図である。

【図 2 3】

図 2 3 (A) ~ 図 2 3 (C) 及び図 2 3 (A') ~ 図 2 3 (C') は磁気抵抗ヘッドの製造プロセスを示す図であり、図 2 3 (A) ~ 図 2 3 (C) はスピンバルブ磁気抵抗素子の高さ方向の断面図、図 2 3 (A') ~ 図 2 3 (C') はトラック幅方向の断面図である。

【図 2 4】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセスを示す図である。

【図 2 5】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセスを示す図である。

【図 2 6】

逆積層型のスピバルブ GMR 膜の構成を示す図である。

【図 2 7】

スピバルブ GMR 膜を SF_6 で R I E 処理したときの処理時間と膜特性との関係を示す図である。

【図 2 8】

スピバルブ GMR 膜を SF_6 で R I E 処理したときの F, I r, M n のピーク強度とフリー層に働く H u a との関係を示す図である。

【図 2 9】

R I E 処理前後のスピバルブ GMR 膜の X 線回折特性を示す図である。

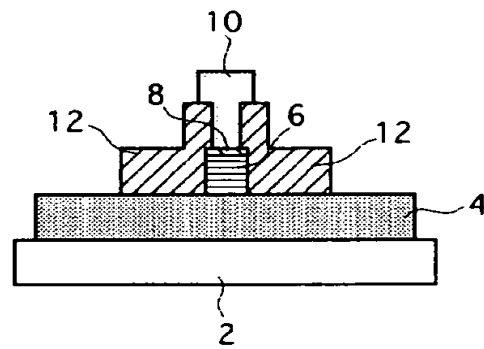
【符号の説明】

- 2 基板
- 4 下端子
- 6 スピバルブ GMR 膜
- 8 キャップ層
- 1 0 上端子
- 8 8 スピバルブ磁気抵抗ヘッド
- 9 0 第 1 磁気シールド
- 9 4, 9 8, 1 1 0 電極
- 1 0 0 フラックスパス
- 1 0 2 第 1 フラックスガイド
- 1 0 4 第 2 フラックスガイド
- 1 0 6 スピバルブ磁気抵抗素子 (スピバルブ GMR 膜)
- 1 1 4 第 2 磁気シールド
- 1 1 6 磁気記録媒体

【書類名】 図面

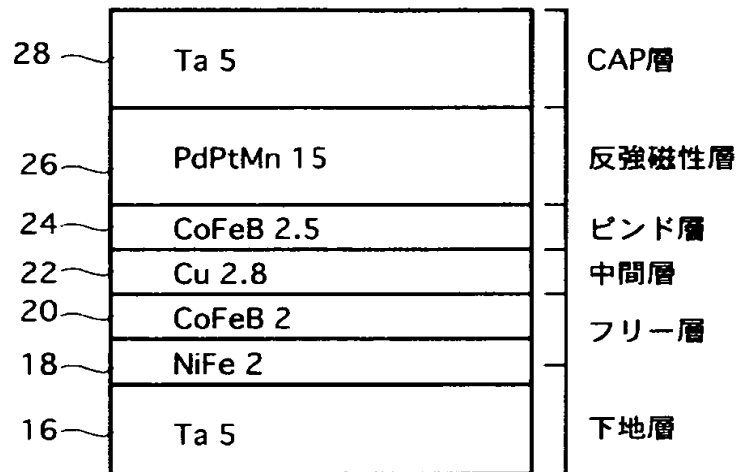
【図 1】

CPPスピバルブ磁気抵抗センサ



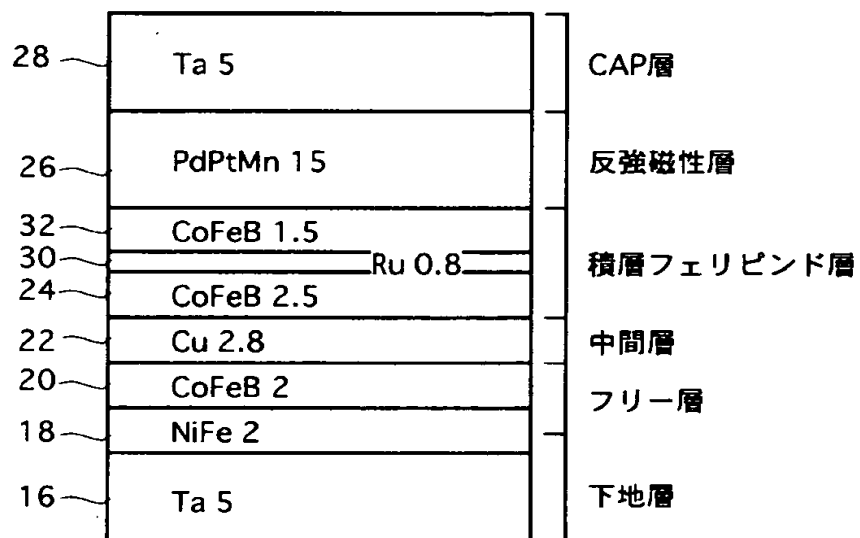
【図 2】

試料(a)



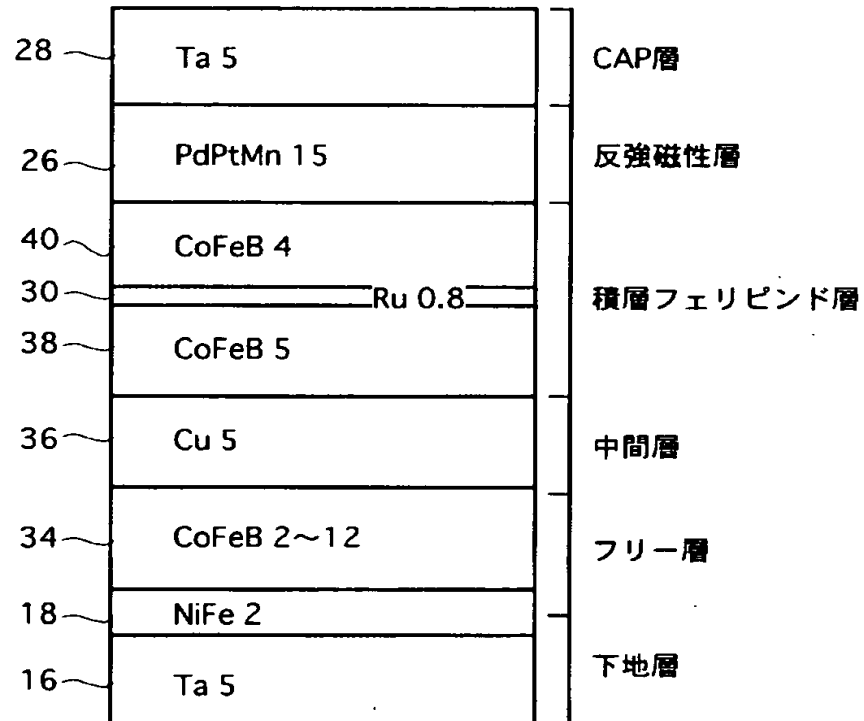
【図 3】

試料(b)



【図 4】

試料(c)



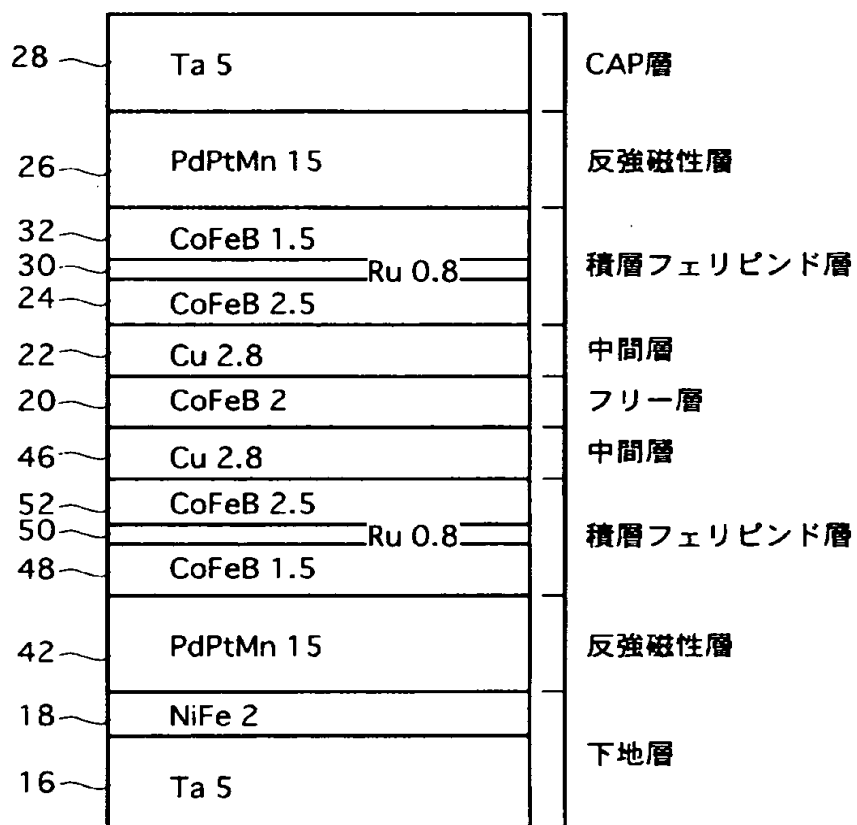
【図 5】

試料(d)

28	Ta 5	CAP層
26	PdPtMn 15	反強磁性層
24	CoFeB 2.5	ピンド層
22	Cu 2.8	中間層
20	CoFeB 2	フリー層
46	Cu 2.8	中間層
44	CoFeB 2.5	ピンド層
42	PdPtMn 15	反強磁性層
18	NiFe 2	
16	Ta 5	下地層

【図 6】

試料(e)



【図 7】

試料(f)

28	Ta 5	CAP層
26	PdPtMn 15	反強磁性層
40	CoFeB 4	積層フェリピンド層
30	Ru 0.8	
38	CoFeB 5	
36	Cu 5	中間層
34	CoFeB 2~12	フリー層
58	Cu 5	中間層
56	CoFeB 5	積層フェリピンド層
50	Ru 0.8	
54	CoFeB 4	
42	PdPtMn 15	反強磁性層
18	NiFe 2	下地層
16	Ta 5	

【図 8】

試料(g)		
28	Ta 5	CAP層
26	PdPtMn 15	反強磁性層
40	CoFeB 4	積層フェリピンド層
30	Ru 0.8	
38	CoFeB 5	中間層
36	Cu 5	
64	CoFeB 2	フリー層
62	NiFe 3	
60	CoFeB 2	中間層
58	Cu 5	
56	CoFeB 5	積層フェリピンド層
50	Ru 0.8	
54	CoFeB 4	反強磁性層
42	PdPtMn 15	
18	NiFe 2	下地層
16	Ta 5	

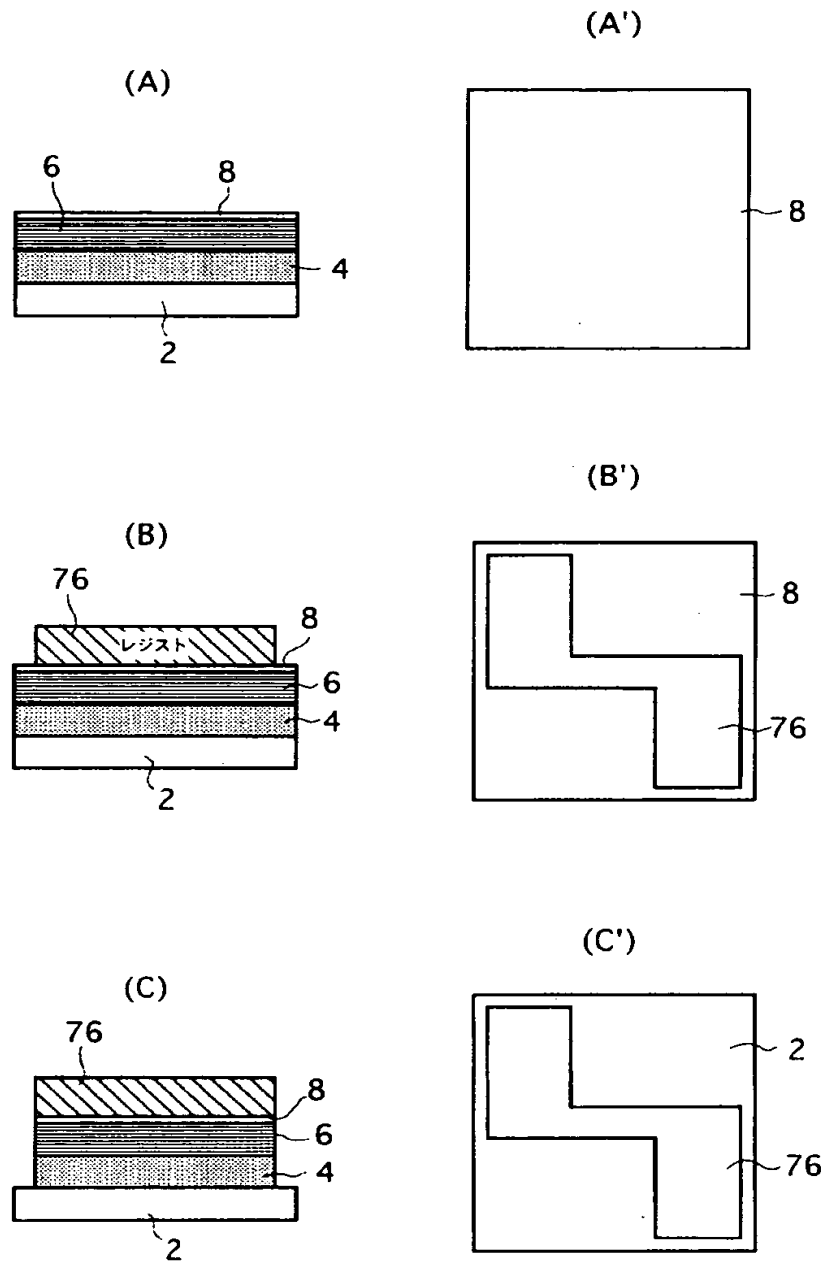
【図 9】

試料(h)

28	Ta 5	CAP層
26	PdPtMn 15	反強磁性層
40	CoFeB 4	積層フェリピンド層
30	Ru 0.8	
38	CoFeB 5	中間層
36	Cu 5	
74	CoFeB 3	積層フェリピンド層
72	Ru 0.8	
70	CoFeB 6	中間層
68	Ru 0.8	
66	CoFeB 3	積層フェリピンド層
58	Cu 5	
56	CoFeB 5	中間層
50	Ru 0.8	
54	CoFeB 4	反強磁性層
42	PdPtMn 15	
18	NiFe 2	下地層
16	Ta 5	

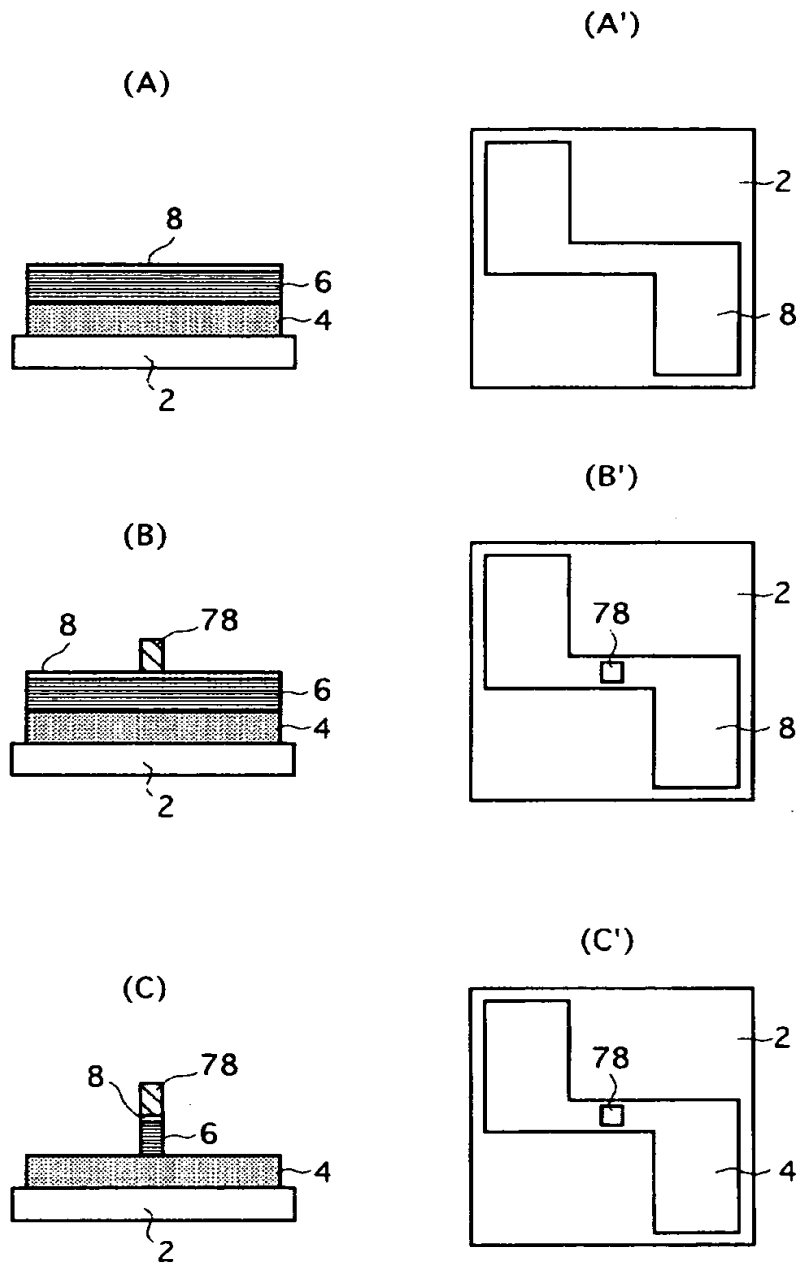
【図 1 0】

磁気抵抗センサ製造プロセス



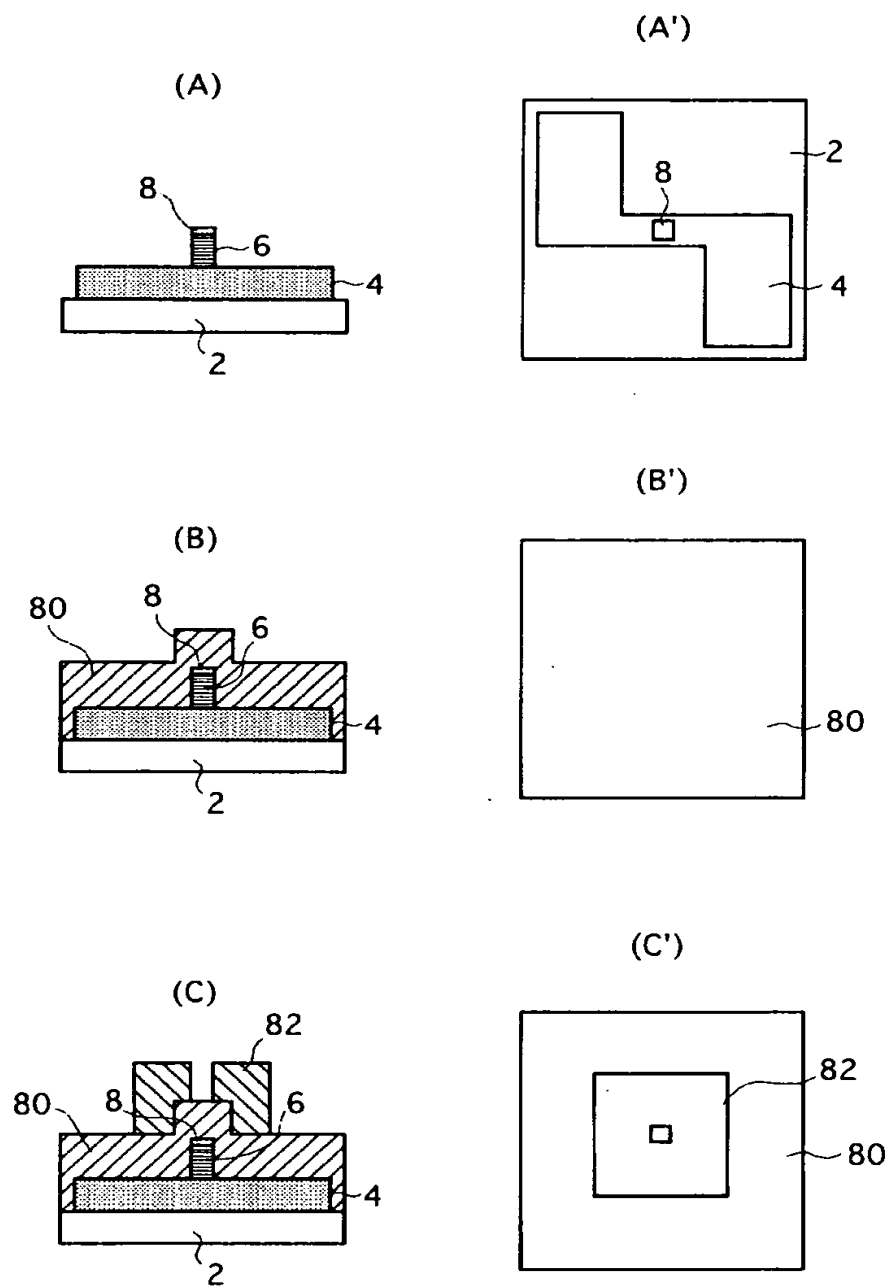
【図 1 1】

磁気抵抗センサ製造プロセス



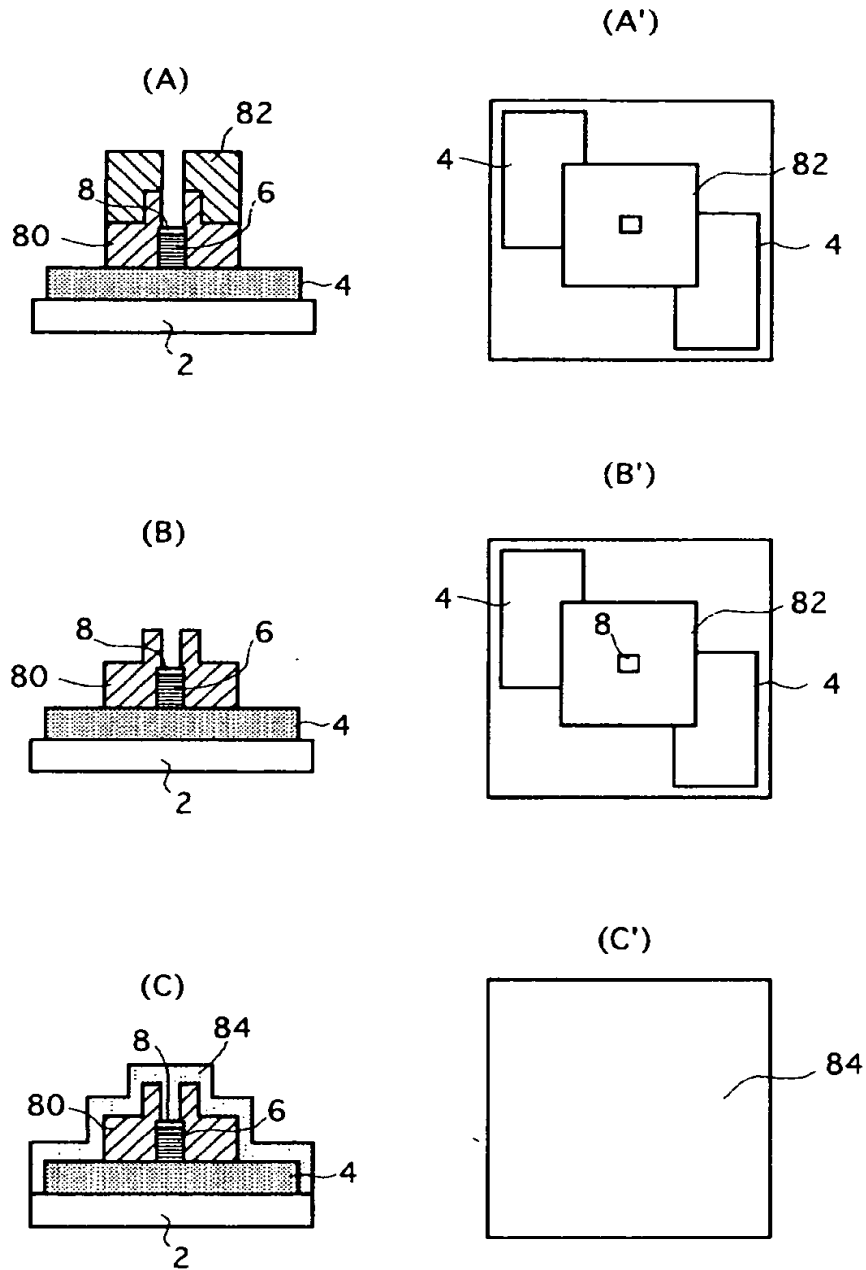
【図 1 2】

磁気抵抗センサ製造プロセス



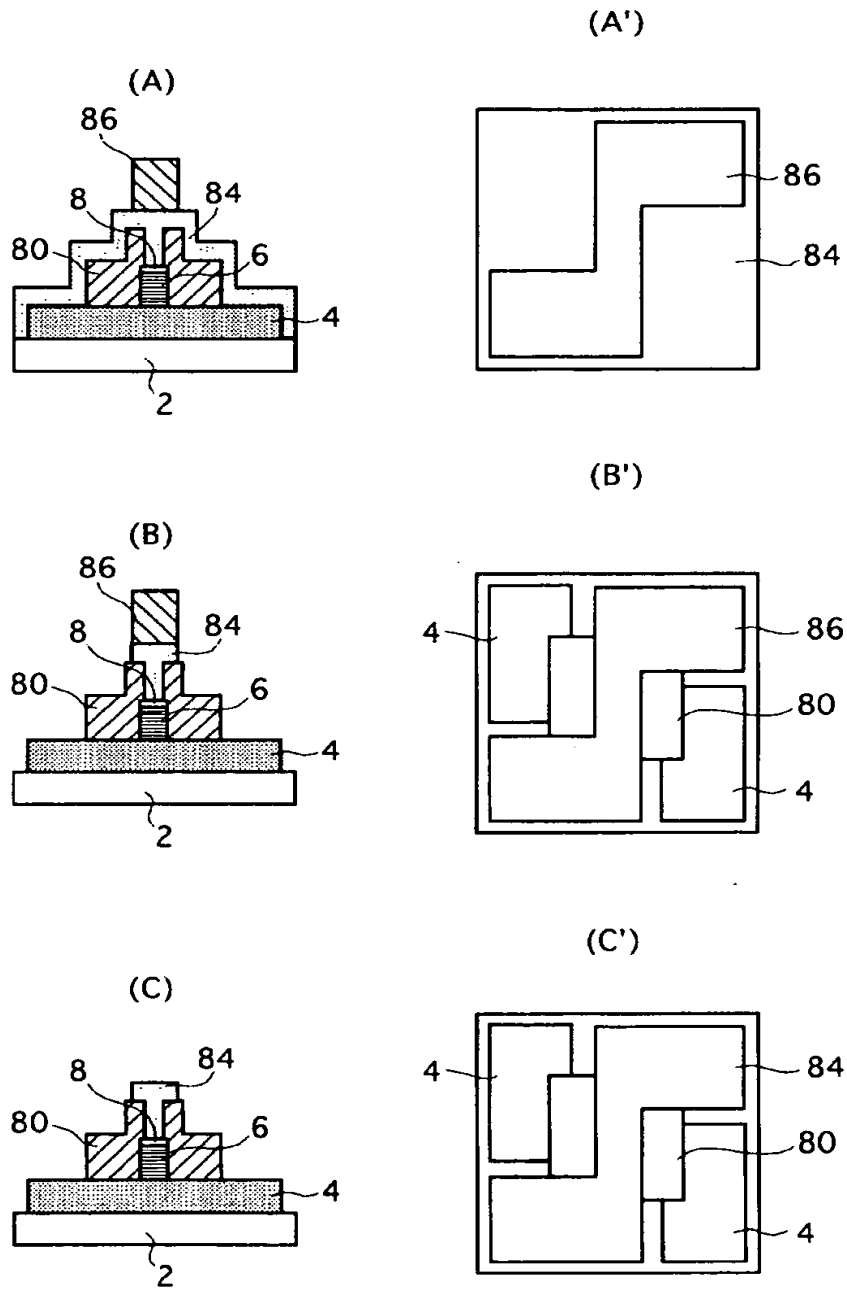
【図 1 3】

磁気抵抗センサ製造プロセス



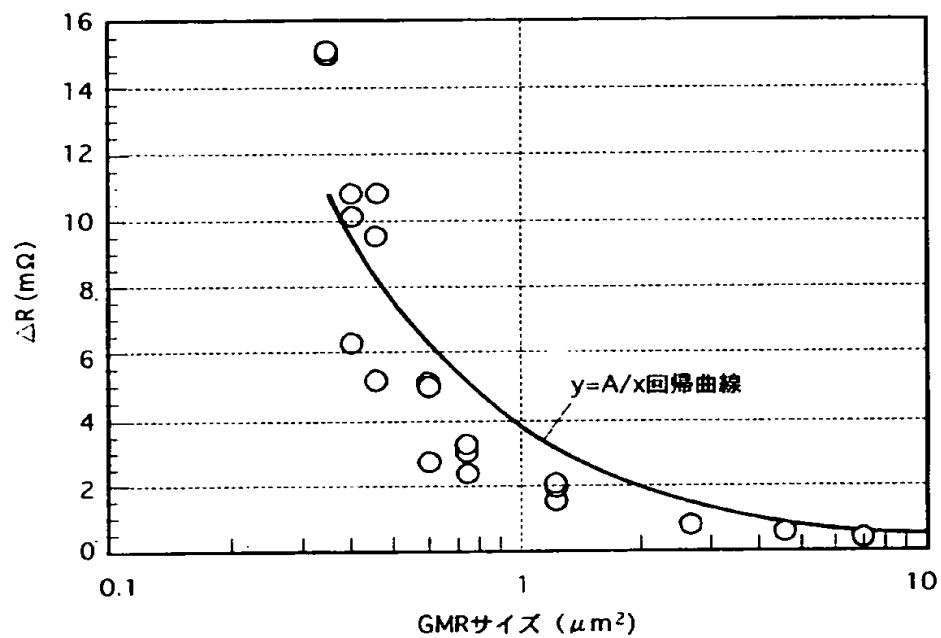
【図 1 4】

磁気抵抗センサ製造プロセス



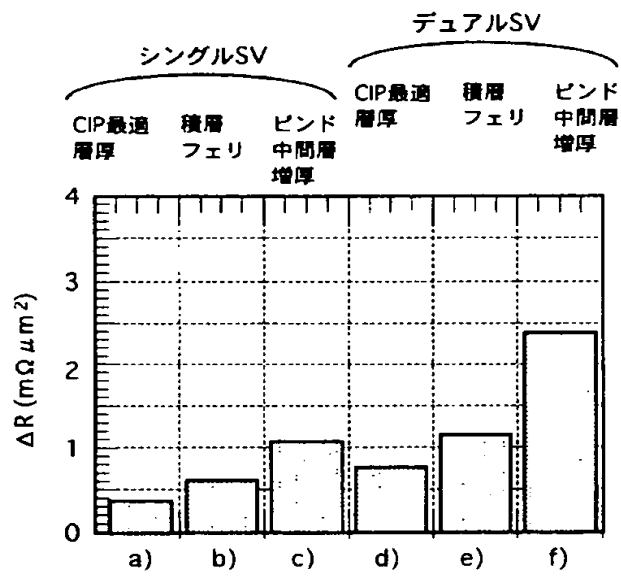
【図 15】

GMRサイズに応じた抵抗変化量



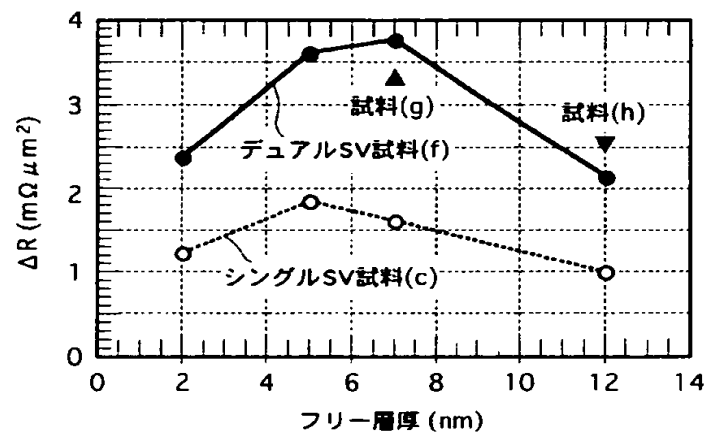
【図 1 6】

試料(a)-(f)の抵抗変化量



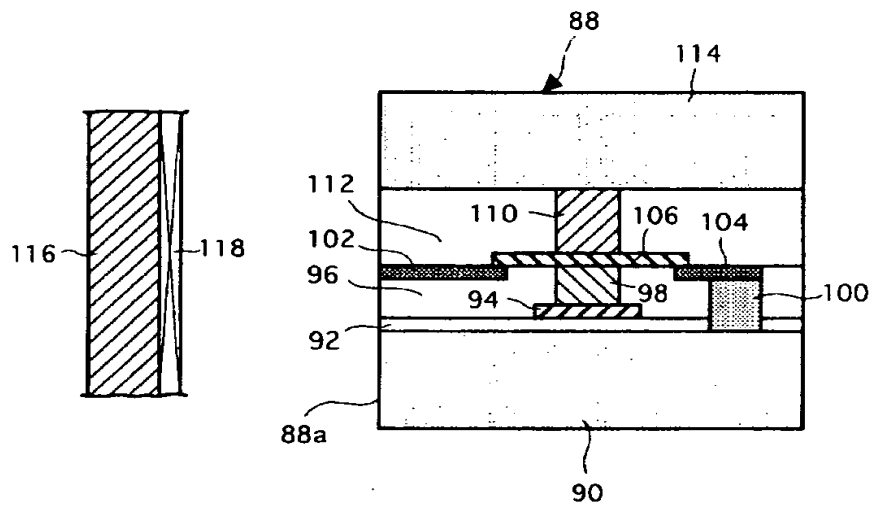
【図 1 7】

フリー層の層厚による抵抗変化量



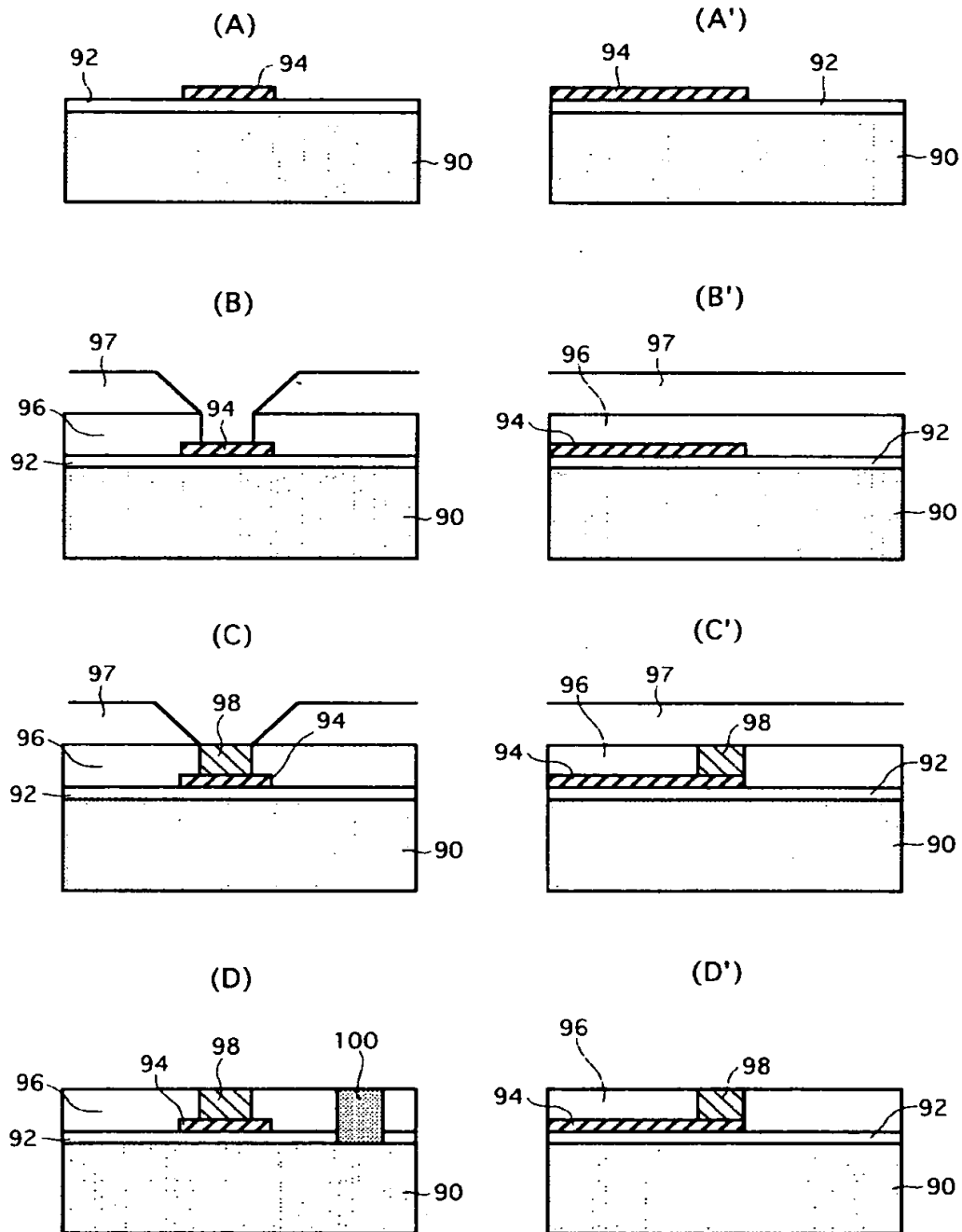
【図 1 8】

第2実施形態の磁気抵抗ヘッド



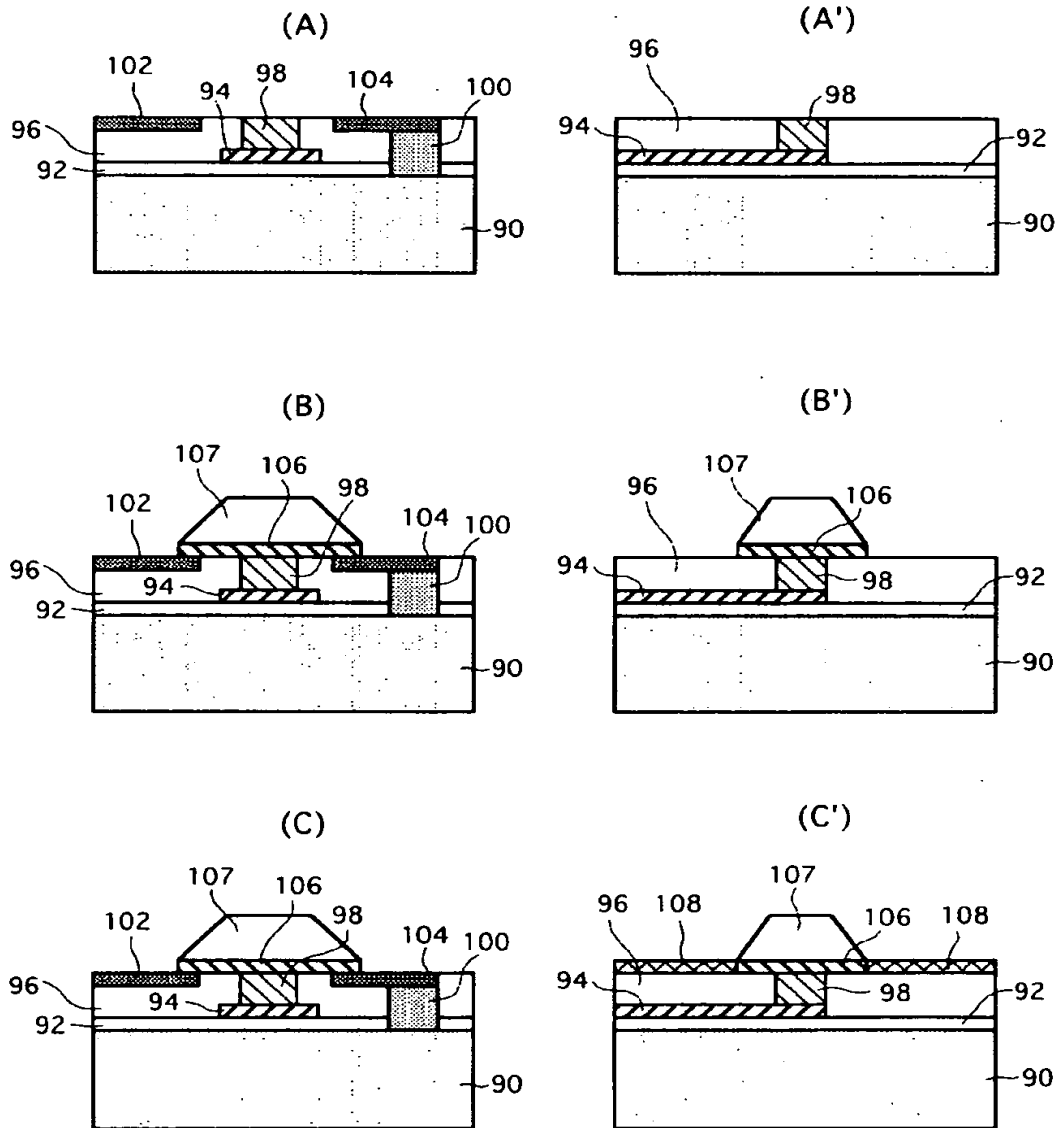
【図 1 9】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセス



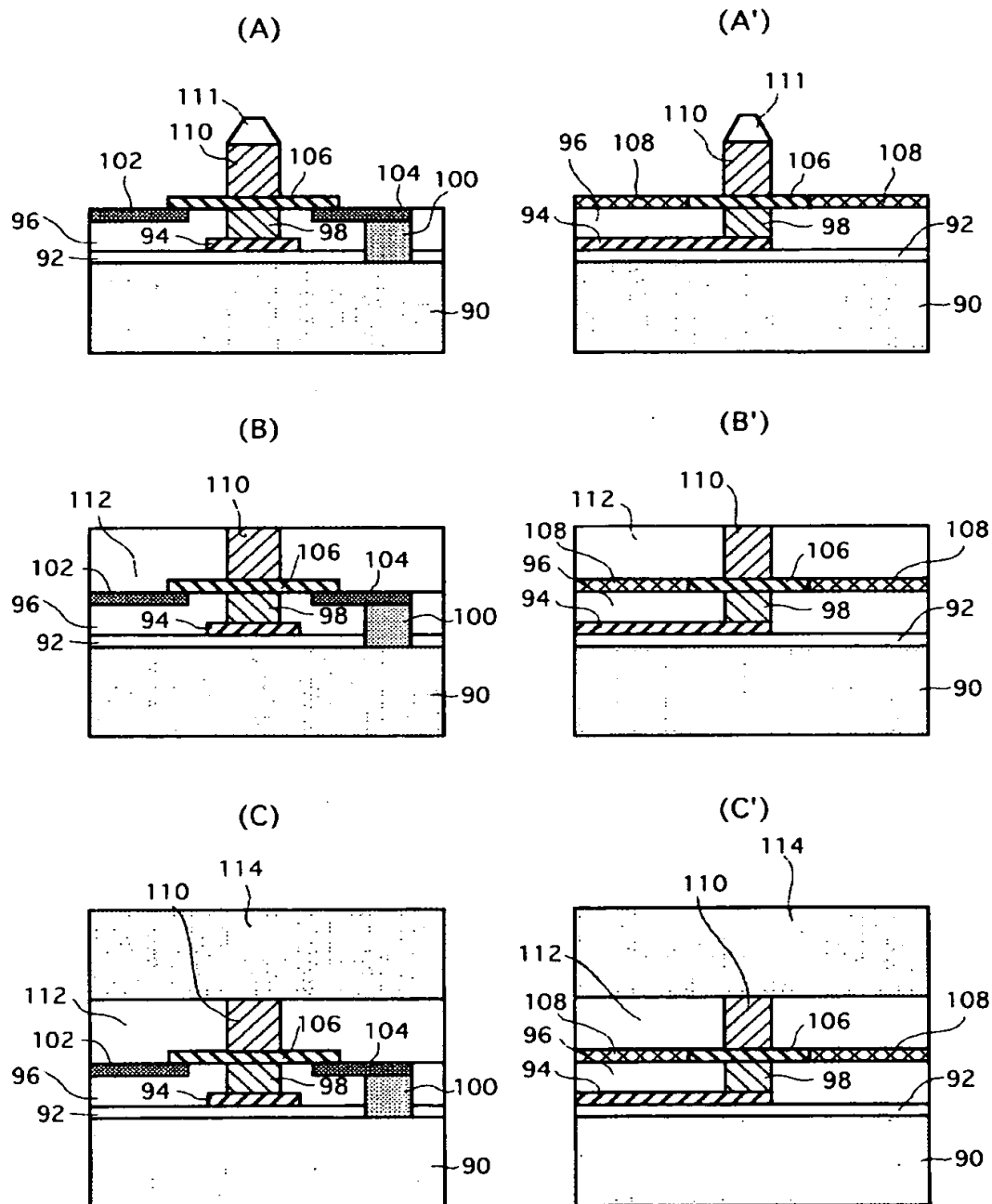
【図 2 0】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセス



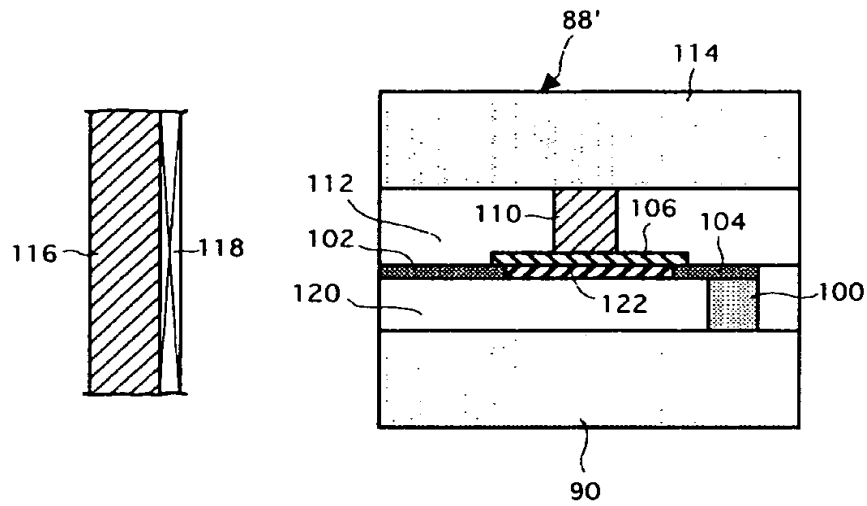
【図 2 1】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセス



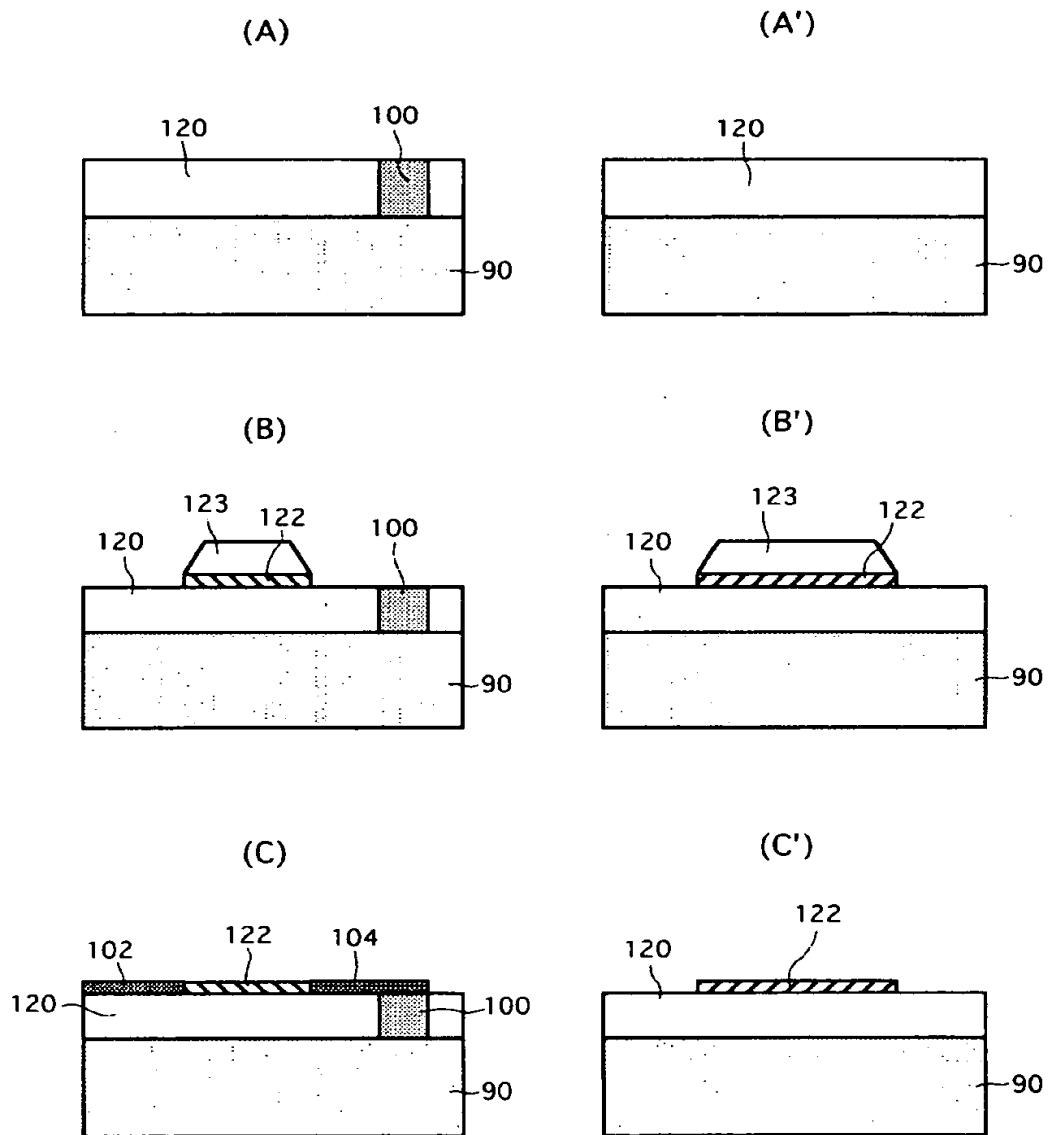
【図 2 2】

第3実施形態の磁気抵抗ヘッド



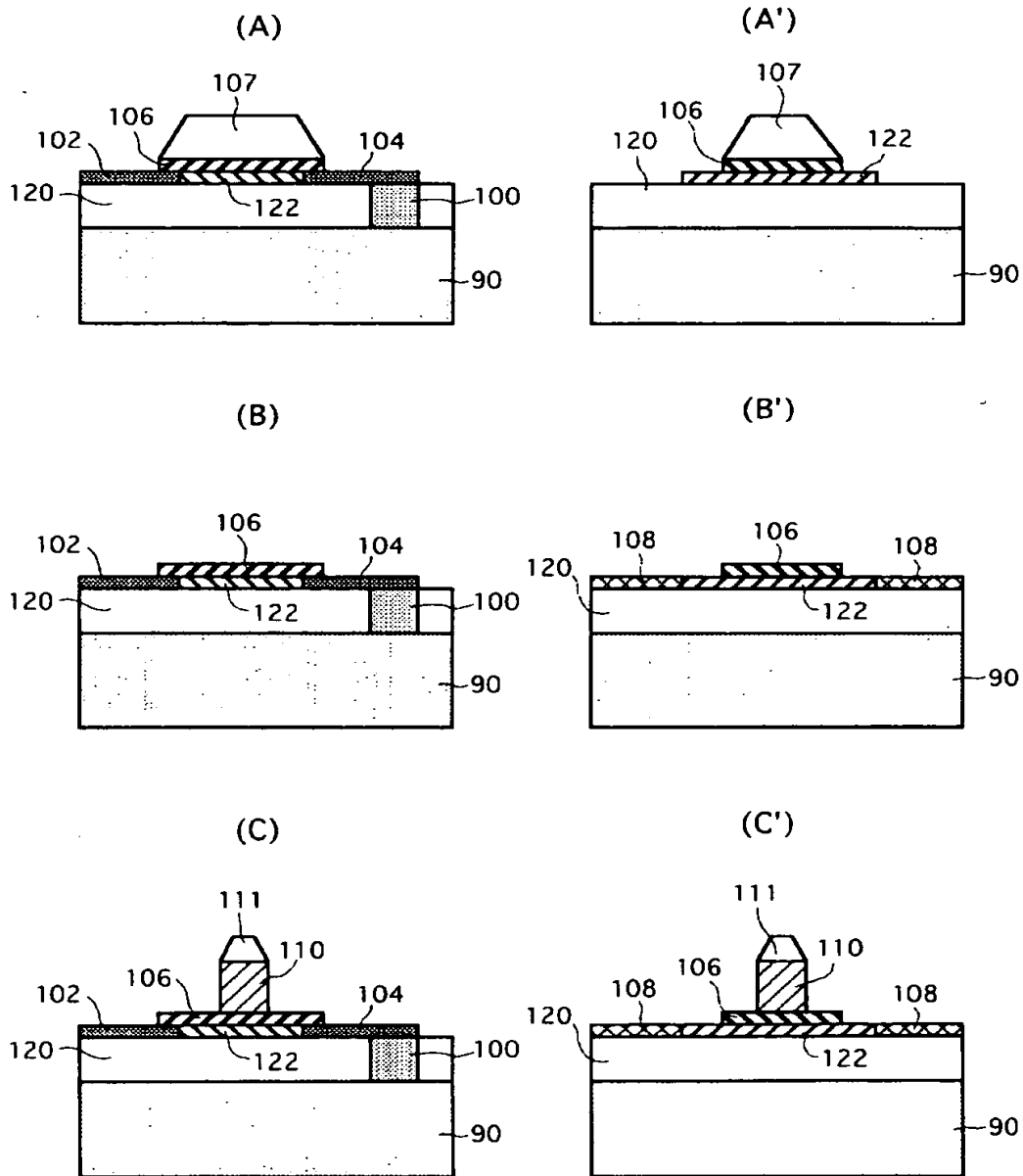
【図 2 3】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセス



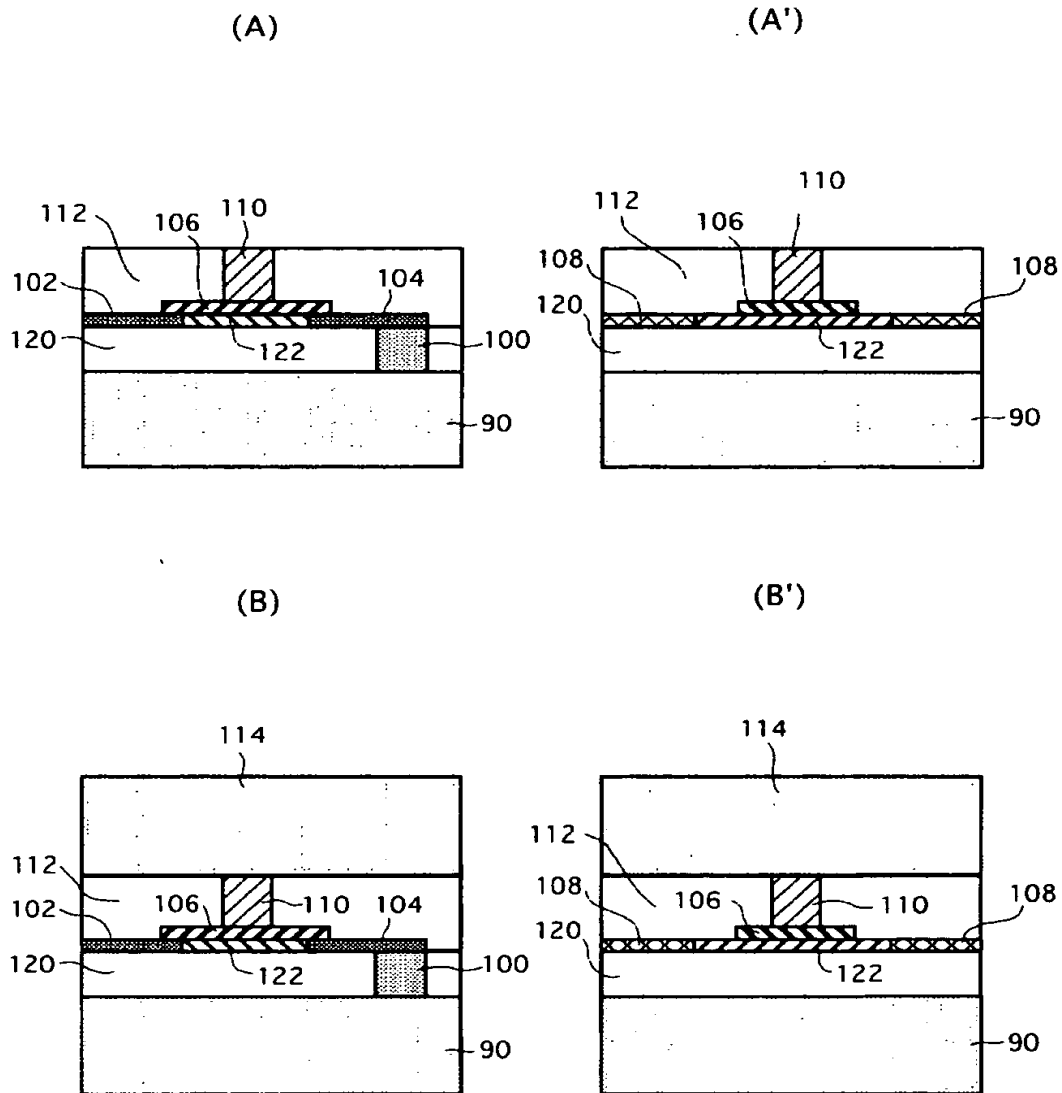
【図 2 4】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセス



【図 2 5】

磁気抵抗ヘッドの製造プロセス



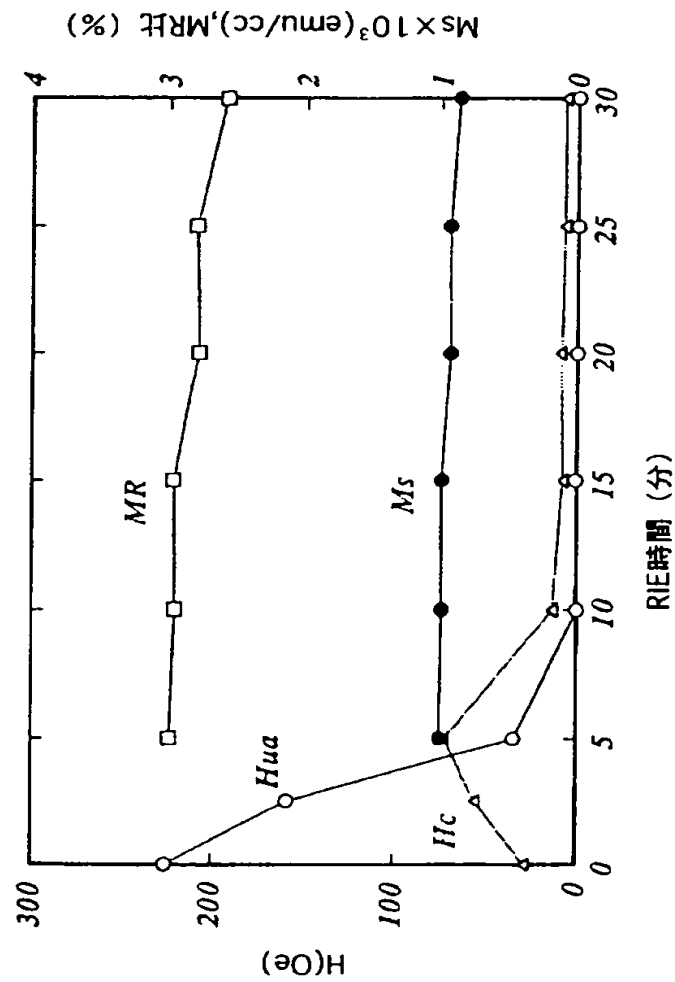
【図 2 6】

逆積層型のスピバルブ膜

Ta 5	144
IrMn 10	142
NiFe 2	140
CoFeB 1.5	
Cu 3.5	138
CoFeB 2.2	136
PdPtMn 25	134
NiFe 5	132
Ta 5	130

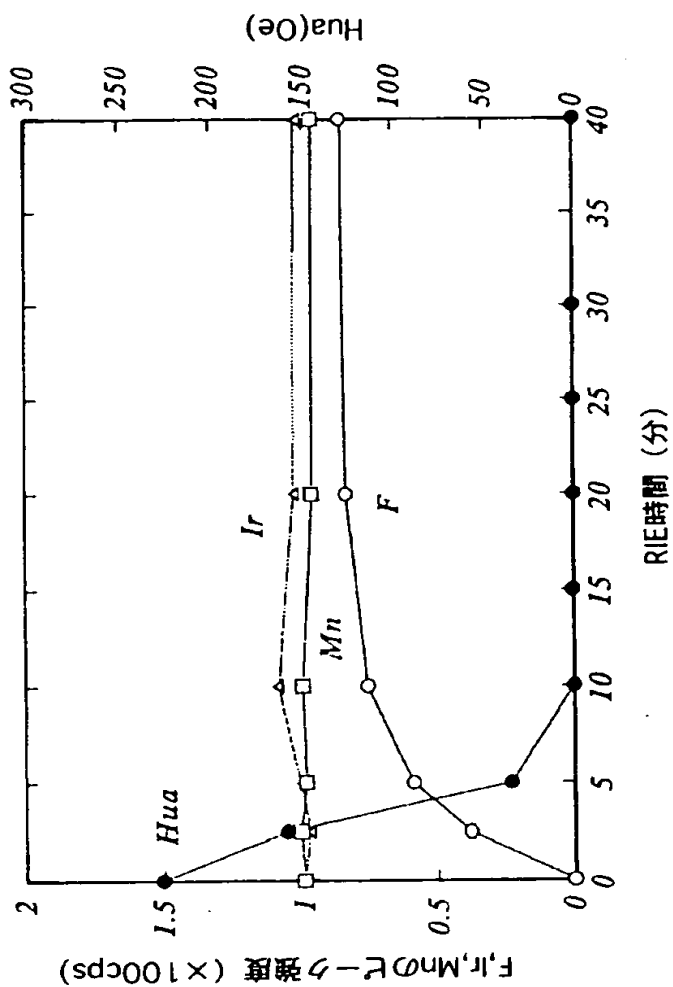
【図 2 7】

スピバルブ膜をSF₆でRIE処理したときの
処理時間と膜持性との関係



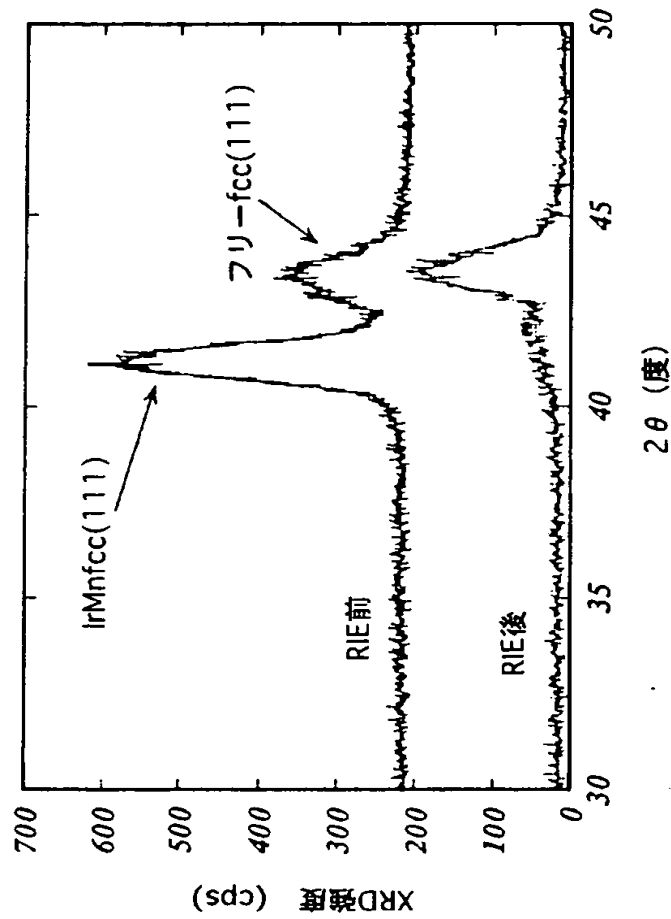
【図 2 8】

スピバルブ膜を SF_6 でRIE処理したときの
F,Ir,Mnのピーク強度とフリー層に働くHua
との関係



【図 2 9】

RIE処理前後のスピンバルブ膜のX線回析特性



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大きな抵抗変化量を得ることのできるスピバルブ磁気抵抗センサ及びスピバルブ磁気抵抗ヘッドを提供することである。

【解決手段】 スピバルブ磁気抵抗センサであって、第1の導体層と、該第1の導体層上に配置されたフリー強磁性層と、該フリー強磁性層上に配置された非磁性中間層と、該非磁性中間層上に配置されたピンド強磁性層と、該ピンド強磁性層上に配置された反強磁性層と、該反強磁性層上に配置された第2の導体層を含んでいる。フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方が、面内方向に電流を流した場合に最も大きな抵抗変化率或いは抵抗変化量が得られる層厚よりも厚い層厚を有している。フリー強磁性層及びピンド強磁性層の少なくとも一方の層厚は、3 nm～12 nmの範囲内である。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社